

MANUALI HOEPLI

A. TACCHINARDI

ACUSTICA MUSICALE



ULRICO HOEPLI

EDITORE-LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO

MANUALI HOEPLI

ALBERTO TACCHINARDI

Alberto Tacchinardi

sq. 281672

ACUSTICA MUSICALE

CON 85 INCISIONI



OFFERTA DO PROFESSOR
Antenor Rangel Filho
1958

I.F. U.F.R.J.
BIBLIOTECA
REGISTR. 389
DATA 24.5.72

ULRICO HOEPLI

EDITORE LIBRAIO DELLA REAL CASA

MILANO

1912

EX-LIBRIS



ANTENOR
RANGEL
FILHO

OFFERTA DO PROFESSOR

Antenor Rangel Filho

PROPRIETÀ LETTERARIA

A LA MIA
M A R I A

Tipografia Umberto Allegretti — Via Orti, 2.

INDICE

	<i>Pag.</i>
CAP. I..... Che cosa è il suono. Moto vibratorio	1
» II..... Propagazione del moto vibratorio	10
» III.... Intensità di propagazione del suono	22
» IV.... Velocità del suono	30
» V..... Riflessioni del suono. Eco.	36
» VI.... Intensità ed altezza dei suoni	48
» VII... Corista normale. Limite dei suoni sensibili. Intervalli musicali	61
» VIII.. Risonanza	77
» IX.... Vibrazioni 'stazionarie. Corde vi- branti. Suoni armonici	84
» X..... Tubi sonori	97
» XI.... Interferenza. Battimenti. Suoni di combinazione.	107
» XII... Timbro dei suoni	117
» XIII.. La voce umana	127
» XIV.. L'orecchio umano.	140
» XV... Intervalli consonanti	152
» XVI.. Accordi consonanti. Scala pitago- rica	166
» XVII. Scala naturale maggiore e minore. Scala temperata.	179

Egredi Lettori,

Voi certamente conoscerete un buon numero di persone che professano l'Arte musicale; ebbene, io vorrei che rivolgeste loro alcune domande, per es. questa: che cos'è l'intervallo d'ottava? e raccoglieste le risposte. Alcuni, scommetterei, vi risponderebbero che l'intervallo d'ottava è composto di 12 semitoni, il semitono è metà del tono, che alla sua volta, è.... due semitoni! Altri che l'ottava è il rivolto dell'unisono; ma per spiegarvi che cos'è il rivolto, ricorrerebbero di nuovo al concetto di ottava; e via così, non solo per questa, ma per qualunque altra domanda simile voleste rivolgere a quelle stesse persone; tanto che potreste facilmente convincervi che i musicisti, in generale, ben poco conoscono la scienza fisica che concerne l'Arte loro, e ben poco sanno rendersi conto dei fenomeni e delle sensazioni sonore.

Non io certo voglio porre, all'Arte, delle limitazioni assurde, riducendola quasi simile ad una disciplina scientifica: essa è, credo io, di ben altra natura che non la scienza. Questa però, d'altra

parte, ha sempre strette relazioni coi mezzi di cui l'Arte si serve, ed è necessaria e di massima utilità per la tecnica di essa.

Orbene, per quanto sia agevole verificare, — e del resto tutti ne sieno convinti — che la massima parte dei musicisti non conosce l'acustica, e non se ne serve nello studio della teoria musicale. pure esistono, per quanto piuttosto rari, degli ottimi Trattati d'Armonia e di Strumentazione, e libri di Psicologia e d'Estetica musicale, a base scientifica, acustica. Ma ecco che cosa accade. Un musicista, digiuno di fisica, prende, ad esempio, l'eccellente Trattato di strumentazione dell'Ergo: lo apre, e subito vede numeri, calcoli, formule; vede trattare di vibrazioni, di lunghezza d'onda, di suoni armonici.... Il poveretto, che non cercava altro che facili e pratiche nozioni sulle estensioni dei vari strumenti e sul loro uso, si spaventa a tal vista, e chiude il libro, dopo un breve sguardo, che gli basta per dirne, parlandone coi colleghi: bel trattato, serio, profondo, scientifico, ma.... poco utile, poco pratico.

Manca dunque, mi pare, nei musicisti, quella preparazione che può dare solamente uno studio comodo, elementare, piano, dell'Acustica: un tale studio, dando idea chiara dei fatti fisici che originano il suono, spiegando la teorica e la tecnica musicale, rende conto al musicista di tante e tante cose di cui, forse, prima neppure si chiedeva il perchè: fa sì che le teorie che prima ricordava soltanto mnemonicamente sieno ora salde nella sua mente, per esser state comprese e spiegate: e pre-

para infine agli studi specializzati di strumentazione, d'estetica, o d'armonia, che l'impreparato trovava ardui e spaventosi.

Al presente compendio, l'augurio che possa servire a questo scopo, e che la sua forma semplice, la sua disposizione chiara e facile lo rendano accetto ai musicisti.

ALBERTO TACCHINARDI.

CAPITOLO PRIMO.

Che cos'è il suono — Moto vibratorio.

L'Acustica è la scienza che studia i fenomeni sonori: ossia, la scienza che, osservando quanto accade allorchè un suono si produce, ricerca quali sono i fatti fisici veramente necessari alla formazione del suono: e secondo quali leggi il suono venga a mutare, al mutare dei fatti stessi. Ma l'Acustica non si limita a questa considerazione obiettiva dei fenomeni sonori, i quali posson esser riguardati anche sotto un altro aspetto: infatti, poichè il suono non è altro che la sensazione uditiva di quei fatti fisici a cui ho accennato, essa studia anche con quali leggi e secondo quali modalità avvenga la sensazione uditiva. Infine, siccome i suoni sono gli elementi costitutivi d'un'arte, la Musica, l'acustica, osservando i fondamenti delle regole musicali comunemente adottate, studia quali rapporti colleghino i fenomeni fisici produttori del suono e le teorie musicali: e quali leggi sperimentali, con valore scientifico, si possano trarre dallo studio fisico ed applicare alla spiegazione

di certi canoni empirici della tecnica e della teoria musicale.

A questi tre differenti rami di studio possono corrispondere tre parti dell'acustica: la prima delle quali, che compie lo studio obiettivo dei fenomeni sonori, si chiama *acustica fisica*: la seconda, che studia l'apparato uditivo, e la sensazione sonora, è detta *acustica fisiologica*: l'ultima, che studia i rapporti tra i dati scientifici e le applicazioni pratiche nell'arte vien chiamata *acustica musicale*.

Noi non conosciamo gli oggetti che ci circondano, ed i fatti che avvengono intorno a noi, se non per la nozione che ce ne danno i nostri sensi: infatti riceviamo una sensazione tutte le volte che una causa esterna agisce sui nostri organi di senso: ma siccome può accadere che una medesima causa solleciti, sia in momenti diversi, o sia anche nel medesimo istante, uno od un altro nei nostri organi di senso, ne risulta che noi possiamo ricevere da quella stessa causa sensazioni di diversa specie a seconda del nervo su cui essa ha agito. Per fare un esempio, il sole, quando giunge ad eccitare il nervo ottico, dà una sensazione luminosa, mentre che, agendo sui nervi tattili che noi abbiamo sotto la pelle, desta la sensazione di calore: in maniera che nei due casi noi veniamo a conoscere sotto due differenti aspetti la stessa causa esterna. Analogamente — e questo è un esempio che ci riguarda più da vicino — una campana che abbia ricevuto un colpo di martello può dare al tatto un senso di trepidazione, quasi di

solletico, cioè quella sensazione caratteristica che danno certi piccoli contatti velocemente intermittenti: mentre che all'organo dell'udito la medesima campana darà la sensazione di suono. Così, mentre solamente l'occhio poteva darci del sole la nozione luminosa, soltanto l'orecchio ci dà, d'un corpo sonoro, la nozione di suono: mentre che qualunque altro organo di senso ci manifesterà altri aspetti della causa del suono.

Anzi, quando vogliamo farci un'idea obiettiva, acquistare la più vera cognizione dei fenomeni fisici di cui siamo variamente edotti dai nostri sensi, per mezzo dei quali ne abbiamo una nozione soggettiva, fisiologica, bisogna cercare il mezzo per cui questi fenomeni ci si rivelino indirettamente, senza cioè il diretto intervento del senso proprio a ciascuno: chè altrimenti non giungeremo mai a conoscere la realtà fisica delle cose e dei fatti. Bisogna così studiare, per esempio, la luce, ma non direttamente cogli occhi: il suono ma non direttamente coll'orecchio: ed allora soltanto potremo, con artifici scientifici, giungere a conoscere la causa fisica, il fatto determinante la sensazione di luce e di suono. Troveremo allora che è un movimento, quello di cui l'orecchio ci dà la sensazione sonora: di modo che, il suono è *suono* solamente per l'orecchio, tanto è vero che esso non esiste come tale per i sordi: mentre che per tutti esiste, e si può porre in evidenza, la corrispondente realtà fisica, la quale è una certa specie di moto, unico fatto capace di destare in noi, per mezzo del meccanismo di funzionamento dell'orecchio, la sensazione sonora.

Dunque il suono è moto: infatti il riposo è silenzio. E forse appunto perchè i suoni non sono altro che la sensazione per cui noi avvertiamo dei movimenti originati a distanza, ed il movimento è la prima e fondamentale, caratteristica espressione di vita, la musica ha un contenuto sensoriale così grande e così efficace: il suono essendo movimento, la sua sensazione ci comunica da per sè una certa emozione, senza intervento alcuno del raziocinio: mentre che in tutte le altre arti le sensazioni destano le emozioni soltanto per ricordo, richiedendo quasi sempre che il raziocinio intervenga.

In pratica, si può dire che quasi sempre quando ha luogo un movimento qualunque, tutte le volte che qualche cosa in qualche modo si muove, vien prodotto un suono: ma non si deve però credere che realmente il suono possa essere originato da tutte le specie di movimento. Invece è così: quasi tutti i moti sono accompagnati parzialmente da quello della specie propria che è capace di divenire suono per noi: ed il suono che udiamo nei movimenti i più svariati è dato così da essi indirettamente, cioè è prodotto da un moto concomitante.

La specie di movimento che proprio è la sola vera capace di destare la sensazione sonora è il *moto oscillatorio*, e anch'esso entro certi limiti.

Che cos'è il moto oscillatorio? Se noi prendiamo un corpo qualunque sospeso ad un filo, lo portiamo da una parte ad una certa altezza, e lo lasciamo andare, vediamo che esso si muove per

tornare verso la posizione di riposo, ma l'attraversa, l'oltrepassa di tanto di quanto prima si era portato dalla parte opposta. Poi fa altrettanto in verso contrario, ripassando sempre per la posizione di riposo, cioè compiendo un va e vieni regolare: in maniera che dopo un tempo sempre uguale detto *periodo* ripassa sempre dal medesimo punto colla medesima velocità. Questo è il moto oscillatorio del pendolo, dovuto ad una forza che è la *gravità*, ed è misurata dal peso del corpo; ed è compiuto dal corpo intero rispetto ai corpi esterni.

Un moto simile è quello oscillatorio che compiono i corpi sonori: solo che questo è dovuto ad un'altra forza l'*elasticità*, e viene eseguito dalle particelle che formano il corpo stesso. Comprimeo o stirando un corpo, se ne avvicinano o se ne allontanano le particelle, e questo si può sempre fare entro certi limiti, senza che il corpo si disgreghi o si spezzi: ma al momento che cessa la dilatazione o la compressione, quando cioè la forza deformatrice smette d'agire, alcuni corpi si comportano in un modo, altri in un altro. Ve ne sono infatti certi, che rimangono deformati, e ve ne son certi altri invece, che tornano alla forma ed alle dimensioni primitive. La proprietà dei primi si dice *plasticità* e ce la spieghiamo immaginando che le particelle del corpo non oppongano alla forza esterna che una piccolissima resistenza: invece nel secondo caso, appena comincia la deformazione, si manifesta una forza interna propria delle particelle, tendendo a reagire: cioè si contrappone

alla forza esterna: in modo che appena la deformazione cessa, quella prende il sopravvento, ed agisce da sola sul corpo e riconducendolo alle condizioni primitive. Questa forza interna dei corpi si chiama *elasticità*.

Prendiamo ora, per esempio, una lama d'acciaio, fissata ad un'estremità, pieghiamola un momento da un lato, poi subito lasciamola a sè: l'elasticità propria dell'acciaio, fa muovere la lama per farla tornare alle condizioni di prima; però per la forza viva acquistata, il corpo non si ferma al punto d'equilibrio naturale, ma l'oltrepassa di un certo tratto, poi torna indietro per fare altrettanto dalla parte opposta, e via così, non arrestandosi che dopo un certo tempo. Ossia la lama compie, in grazia della sua elasticità, delle oscillazioni che sono del tutto simili a quelle del pendolo, e sottoposte alle medesime leggi generali.

Galileo dettò le leggi del moto pendolare, delle quali a noi basterà conoscere questa: che per lo stesso corpo oscillazioni più o meno ampie hanno tutte uguale durata, ossia che il numero di oscillazioni compiute in un certo tempo, per es. in un minuto secondo, è indipendente dall'ampiezza delle oscillazioni stesse.

Le oscillazioni dovute all'elasticità, che si chiamano anche *vibrazioni*, con la quale parola s'intende esprimere oscillazioni molto veloci, di durata molto piccola, producono il suono, cioè sono sensibili al nostro udito, soltanto quando la loro durata è d'un valore nè tanto grande nè tanto piccolo, e così pure la loro ampiezza: oltre a

questi limiti, per quanto la causa fisica del suono, cioè il moto vibratorio esista sempre, e si possa anche porre in evidenza con artifici diversi, il nostro orecchio non ce ne dà più la sensazione; in altre parole, oltre certi limiti di durata e d'ampiezza delle vibrazioni, mentre perdura il movimento, non si ha più *suono*.

Per accertarci che ogni corpo sonoro veramente vibra ossia compie oscillazioni rapide, può bastare talvolta anche solamente vederlo: altre volte toccarlo. Per esempio, una corda da violoncello non molto fortemente tesa, allorchè produce un suono si vede che ha preso l'aspetto come di un fuso coi contorni indecisi, confusi, come variabili: così pure ci appaiono indistinte le estremità dei rebbi di un diapason che suoni: e questo aspetto è dovuto al moto veloce che tali corpi compiono in quel momento. Infatti si sa che sulla retina del nostro occhio le immagini di ciò che vediamo restano, per una certa frazione piccolissima di tempo, per impressionare il nervo ottico: circa $\frac{1}{10}$ di secondo. Quindi, siccome il diapason e la corda, mentre danno un suono, compiono ben più di 10 oscillazioni al secondo, non riusciamo a vedere il movimento di va e vieni distinto, cioè vediamo il corpo occupare successivamente posizioni diverse, ma invece percepiamo queste posizioni consecutive come in continuazione l'una dell'altra, e perciò i contorni e la forma del corpo vibrato ci sembrano confusi. Tanto è vero che se osserviamo quel corpo sonoro attraverso un disco girante, provvisto di fessure, possiamo riuscire a

vedere il moto, cioè a vedere dai fori, a certi intervalli di tempo, il corpo in posizioni differenti.

Anche al tatto un corpo vibrante dà la sensazione di oscillazioni rapide, come possiamo verificar facilmente con un diapason, avvicinando leggermente a contatto con esso un dito. Se invece ve lo appoggiamo con una certa violenza possiamo provare un'altra cosa: che cioè la forza nostra costringe il corpo a fermarsi: le oscillazioni si smorzano tosto, ed appena cessato il moto, cessa il suono.

Il suono è dunque originato da un movimento oscillatorio a breve durata, perfettamente regolare come finora si è descritto. Ma se un movimento, pur essendo oscillatorio, non è regolare, non si ha più la sensazione di suono, bensì quella di rumore. Per esempio, supponiamo che un corpo eseguisca per un istante delle vibrazioni, tutte d'ugual durata fra loro, cioè regolari: e nell'istante successivo ne compia altre, tra loro pure uguali, ma differenti dalle prime: quindi nell'altro istante che segue, altre di durata differente dalle precedenti, ma tutte uguali tra loro, e via così, con qualche interruzione ogni tanto. In questo caso il corpo nei singoli istanti compie dei moti oscillatori regolari, e perciò in ciascun momento dà un suono. Ma questi suoni sono così brevi, e si seguono così velocemente che noi non possiamo percepirli distinti l'uno dall'altro, e ne riceviamo invece una sensazione continuata confusa, che è appunto la sensazione di *rumore*.

Detto ciò, è facile rendersi conto del fatto che

talvolta vi sono dei rumori molto vicini ad esser suoni: rumori che mentre non danno la sensazione limpida e chiara per la quale un suono può dirsi musicale, pure non danno nemmeno una sensazione così confusa da non permettere che possiamo attribuire ad essi alcune caratteristiche dei suoni: infatti, se l'irregolarità nella successione dei piccoli e brevi suoni istantanei è poco rilevante, se cioè questi suoni componenti il rumore son quasi esattamente uguali d'intonazione, e l'interruzioni son distribuite con una vicenda abbastanza regolare, il rumore si avvicina ad esser un suono, e, specialmente per confronto, possiamo anche giudicarne l'intonazione. Di questo genere è il rumore prodotto, per es. dai timpani, e da altri strumenti a percussione: e tale è pure il rumore che danno, lasciati cadere in terra, dei pezzetti di legno ben secco: che producono rumore, sì, ma abbastanza buono, e se sono appositamente preparati delle dimensioni volute, gettati a terra l'uno dopo l'altro posson darci la scala musicale, formata da tanti rumori intonati, assai prossimi ad esser suoni (¹).

(¹) Vi sono perfino nel linguaggio dei vocaboli speciali per indicare alcuni di questi rumori-suoni, come ad esempio: sibilo, cigolio, ecc.

CAPITOLO SECONDO.

Propagazione del moto vibratorio.

Per far suonare un diapason basta battere un colpo ad un'estremità d'uno dei due rami: in questo modo si produce, nel punto colpito, una deformazione improvvisa, alla quale la forza elastica del metallo si contrappone, e reagisce dando origine alle oscillazioni. Ma sembrerebbe che le oscillazioni dovessero esser compiute soltanto dalle particelle spostate dalla loro posizione naturale, limitarsi solamente al punto eccitato: mentre che invece possiamo constatare che immediatamente il moto si comunica a tutto il corpo sonoro. Questo fatto accade perchè le particelle non sono indipendenti e libere le une dalle altre; ma son collegate invece tra di loro, e debbon rimanere in certe relazioni reciproche costanti, in maniera che se alcune di esse entrano in movimento, necessariamente le vicine debbon seguirle, le circostanti debbon accompagnarle nelle escursioni, affinchè i rapporti che esistevano tra di esse non vengano mutati.

Possiamo farci un'idea di quanto accade quando si desta un'oscillazione in un punto di un corpo, nel quale essa si propaga, osservando il comportamento di una corda tesa. Se prendiamo una fune abbastanza lunga, attaccata per un'estremità al muro, e dall'altra tenendola non troppo tesa, le imprimiamo una breve scossa in alto e in basso, un'ondulazione, vediamo che un certo tratto della fune si deforma, curvandosi in questo modo:

Il tratto di fune che si curverà potrà essere più o meno lungo, a seconda della durata della scossa: chè infatti se proveremo a dare una scos-

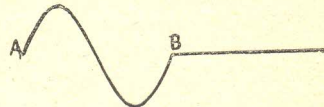


Fig. 1.

sa lenta, lunga, si muoverà un tratto di fune molto maggiore, che se avremo data una scossa breve. Invece la curva avrà un'ampiezza più o meno grande, a seconda che, nel dare la scossa, si è portata la fune molto in alto e molto in basso, oppure poco: cioè a seconda dell'ampiezza della scossa.

Il tratto di fune che si era curvato nel primo istante per la deformazione suscitata nella corda, torna subito dritto, mentre che si va curvando il tratto prossimo, scalando sempre un po' in avanti, in modo che vediamo come camminare la curva per tutta la lunghezza della fune, ossia percorrere successivamente la corda da un capo all'altro: mantenendosi sempre della medesima lunghezza il tratto curvato. Si capisce allora come

avviene il fenomeno: le particelle che vengono sollecitate, dalla scossa, a muoversi in alto e in basso traggono con sé le circostanti, tanto più presto, quanto più sono vicine. Queste, appena si muovono, si fanno accompagnare alla loro volta dalle prossime, e così la curva di movimento, che si chiama *onda*, si sposta lungo la fune; e se il corpo in cui l'onda si propaga è omogeneo, ossia ha elasticità costante in tutta la sua estensione, in uno stesso tempo si muove sempre un ugual tratto: cioè la curva mantiene sempre la medesima lunghezza, che si chiama *lunghezza d'onda*. Nella precedente figura la lunghezza d'onda, che si può anche definire la distanza tra i punti estremi della curva, la distanza tra i due punti più lontani che si muovono contemporaneamente, è il tratto *AB*.

Da quello che è stato detto si deduce che, affinché il moto vibratorio si propaghi in un corpo, è necessario che questo sia elastico, cioè che via via possa entrar tutto in vibrazione, che tutte le sue particelle sieno capaci di oscillare alla loro volta.

Oltre alle oscillazioni come quelle che può compiere una corda, ve ne sono d'un'altra specie, che si trasmettono però in modo perfettamente analogo. La corda tesa esegue le sue oscillazioni spostandosi dalle due parti del suo asse, lungo il quale invece avveniva la propagazione: infatti vediamo nella seguente figura che gli spostamenti, indicati dalla linea curva, si trovano al disopra e al disotto della retta, mentre che l'onda

si propaga lungo la retta stessa, come nella fig. 2 indicano le frecce:

Le vibrazioni di questo genere si chiamano *vibrazioni trasversali*.

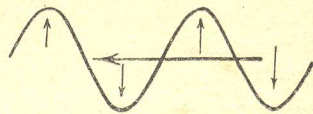


Fig. 2.

Se invece d'una corda prendiamo una bacchetta metallica fissata ad un'estremità, e sull'altra estremità, sul capo, le diamo un colpo come per inchiodarla, anche in questo modo suscitiamo una deformazione contro la quale reagisce la elasticità; soltanto, invece che trattarsi d'uno spostamento laterale all'asse, qui si tratta di una compressione, e della rarefazione successiva, nella direzione dell'asse stesso. Anche la compressione, per la quale le particelle muovendosi trascinano seco le vicine, si comunica via via a tutto il corpo, seguita dalla rarefazione: e l'onda, rappresentata qui dall'avvicinamento e dall'allontanamento delle particelle,

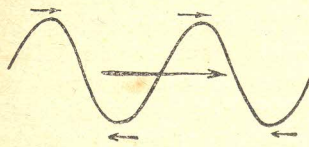


Fig. 3.

ha pure una lunghezza costante durante tutta la propagazione, la quale avviene nel verso stesso dell'asse (fig. 3). Le vibrazioni di questo

genere si chiamano *vibrazioni longitudinali*.

Una bacchetta metallica, ad esempio, può vibrare nell'uno o nell'altro modo, a seconda del modo in cui è eccitata: se invece che darle un

colpo sul capo, le si fosse dato un colpo da parte, avrebbe oscillato trasversalmente. Per riconoscere se un corpo compie vibrazioni trasversali o longitudinali, si può ricorrere ad un comodo e semplice artificio, che ci mostra chiaramente il genere delle oscillazioni: si prende un pendolino fatto di una pallina di sughero, o di midolla di sambuco, sospesa ad un filo sottile: e si accosta a un lato e poi al capo della verga vibrante. Se la bacchetta esegua vibrazioni trasversali, alla prima prova il pendolino verrà lanciato via: se invece le esegua longitudinali, il pendolino schizzerà via alla seconda prova (fig. 4 e 5).

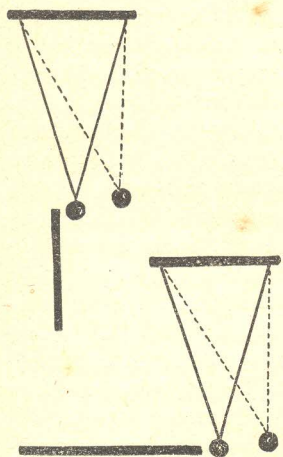


Fig. 4 e 5.

Occorre per lo studio del moto oscillatorio poter rappresentare graficamente, con un disegno, questo moto: or bene, se si vuole così indicare una vibrazione trasversale, basta disegnare la stessa curva che descrive l'onda: sicchè la seguente figura non solo è veramente la curva d'una corda oscillante, ma è la rappresentazione della vibrazione (fig. 6):

Il tratto rettilineo AB , che è quella lunghezza

di corda che entra in movimento nel medesimo istante, che si curva tutto insieme, è la *lunghezza d'onda*. Due punti qualunque, distanti tra loro di una lunghezza d'onda, si chiamano in *concordanza di fase*: infatti essi presentano, dalla loro posizione sulla curva, alla retta, uno spostamento uguale: per es., A ed F hanno ambedue, dalla retta, lo spostamento zero: altri due punti C e

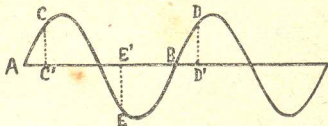


Fig. 6.

D , distanti una lunghezza d'onda, hanno spostamenti uguali, dati dalle rette CC' e DD' . Ma non solo: gli spostamenti sono dello stesso segno, sono nel medesimo verso, ossia nella curva i due punti si trovano dalla medesima parte. Invece due punti distanti mezza lunghezza d'onda si dicono in *opposizione di fase*; essi presentano spostamenti uguali, ma di segno contrario, dalle due parti opposte: come vediamo per i punti C e E .

Invece se si tratta di rappresentare con un disegno l'onda longitudinale, bisogna indicare per mezzo di chiaroscuro le compressioni e rarefazioni alternate così:

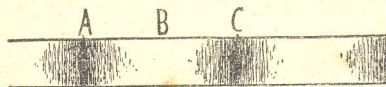


Fig. 7.

allora dai punti chiari le particelle si spostano verso quelli scuri, dove è la compressione: e se,

come è preferibile per i nostri studi, si vuol raffigurare anche questa specie di moto con una curva, si fa la convenzione di portare al disopra della retta le porzioni nelle quali il moto avviene verso destra, e al disotto quelle in cui avviene verso sinistra, così:

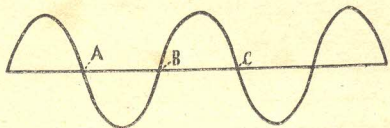


Fig. 8.

Nei punti *A* e *C* si ha la compressione: infatti la curva indica che le particelle si muovono verso destra avanti *A* e verso sinistra da *B* ad *A* in modo che in *A* si condensano: invece in *B* si ha la rarefazione perchè da *B* le particelle si dirigono a destra verso *C* ed a sinistra verso *A*. Così qui pure i punti giacenti sulla retta rappresentano punti fermi, e quelli invece dei segmenti di curva rappresentano particelle che si muovono nei due sensi contrari, ma tutto in senso longitudinale.

Quella parte della fisica che studia i fenomeni del movimento, le diverse specie di questo, e le leggi che lo regolano, detta cinematica, insegna che possiamo calcolare mediante una facile formula il valore numerico della lunghezza d'onda: essendo questo lo spazio che un'oscillazione di durata *T* percorre con la velocità costante per ogni corpo *v*, la lunghezza d'onda λ è data dal

prodotto di quella durata per quella velocità: $\lambda = v T$.

Da questa formula ricaviamo che la lunghezza d'onda, per uno stesso corpo, è proporzionale alla durata dell'oscillazione: come noi abbiamo detto che si può verificare con l'esperienza, dando alla corda una scossa più o meno lenta, più o meno lunga. Questo, perchè la velocità con cui la vibrazione si propaga in un corpo, dipende dalla elasticità di questo: e se il corpo è omogeneo, cioè ha elasticità uguale in tutte le sue parti, il moto si propaga con velocità costante. Allora, essendo costante *v* è costante il rapporto $\frac{\lambda}{T}$; ossia in un corpo, crescendo o diminuendo la durata della vibrazione, cresce o diminuisce proporzionalmente anche la lunghezza d'onda.

Se consideriamo allora un corpo di grandi dimensioni, anzi d'estensione vastissima, ed omogeneo, come per esempio l'aria, che circonda un corpo sonoro, vediamo come accade la propagazione delle vibrazioni: un'oscillazione si comunica a tutte, ugualmente, le particelle circostanti: ossia alle particelle che sono lì vicine tutt'all'intorno. Queste, appena acquistato il moto, lo comunicano alla loro volta alle prossime in tutte le direzioni: perciò dopo un certo tempo il moto sarà arrivato a tante particelle che saranno tutte egualmente distanti dal punto di partenza: ch'è quanto dire si troveranno su di una superficie sferica. Dopo altro tempo ancora, sarà sempre più progredito, cioè sarà arrivato a comunicarsi a particelle sem-

pre più lontane dall'origine, ma pur sempre tutte ugualmente distanti da essa; sicchè in un momento medesimo la vibrazione sarà sempre giunta ad una superficie sferica che avrà per centro il corpo propagatore, superficie la quale si chiama *superficie d'onda*, e che è tanto più grande quanto maggior tempo è trascorso dal momento in cui è avvenuta l'oscillazione dell'origine sonora al momento in cui facciamo l'osservazione. Questo fatto si può rappresentare così (fig. 9), naturalmente avvertendo che le circonferenze disegnate qui sul foglio, sono la proiezione sul piano delle sfere che rappresentano le successive superfici d'onda.

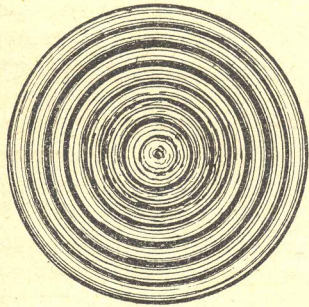


Fig. 9.

In una direzione qualunque, allora, come vien propagata la vibrazione? Per esempio, in un punto *A* giungerà dopo esser passato per tanti punti giacenti sulla retta *OA*, cioè sulla linea che esprime la direzione, la distanza diretta dall'origine del moto al punto: in altre parole, la vibrazione partita da un punto qualunque giunge ad un altro punto lungo una retta che si chiama « raggio d'onda » ed è la linea che congiunge i due punti. È però da notare che di queste rette esiste un numero infinito, perchè tale è il numero

delle direzioni in cui si propaga il moto vibratorio, tale è il numero dei raggi d'una sfera; ma che per ogni direzione non esiste che un raggio d'onda.

All'aria aperta, se calma, ha luogo la propagazione del suono nel modo che si è detto: ma spesso invece si possono verificare delle perturbazioni dovute al vento. Per opera di questo il

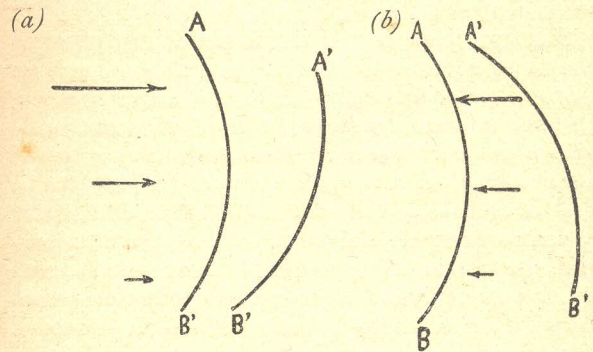


Fig. 10.

raggio d'onda in una certa direzione può venir inclinato e non esser più rettilineo, la superficie d'onda prendere forma un po' diversa dalla sferica. Possiamo farci un'idea di quanto può accadere in grazia di correnti d'aria, ad un moto vibratorio che si propaghi, con una semplice rappresentazione (fig. 10). Nella figura si vede che cambia il risultato nel caso che il vento spiri a seconda, oppure contrariamente alla propagazione: siccome

il vento è sempre assai più forte in alto che rasantemente a terra, quando esso è favorevole (*a*) la superficie d'onda viene piegata verso il basso, ed un raggio d'onda qualunque cambia un po' direzione, curvandosi, e dirigendosi più verso il suolo: invece quando il vento è contrario (*b*), la superficie d'onda si inclina in alto, e il medesimo raggio d'onda da linea retta diviene una curva rivolta verso il cielo.

Siccome il suono, si è già detto, non è altro che la sensazione uditiva che noi abbiamo da un moto vibratorio che ci pervenga, è necessario perchè noi udiamo un suono, che le vibrazioni originate dal corpo sonoro sieno trasmesse a tutti i corpi interposti tra quell'origine del moto e il nostro orecchio. Abitualmente è l'aria che separa il nostro orecchio dai corpi che danno le vibrazioni: e perciò all'aria queste vengono trasmesse e per essa arrivano a noi. Ma qualunque altro corpo, purchè dotato d'elasticità, può far lo stesso: per esempio, se noi teniamo la testa sott'acqua, mentre a grande distanza vien prodotto un suono, per l'acqua le vibrazioni ci sono trasmesse nel modo stesso con cui avrebbero fatto nell'aria: per superfici d'onda sferiche, ecc.

Nel caso che, invece, tra il corpo sonoro e il nostro orecchio stia un mezzo non elastico, oppure non si trovi alcun mezzo, il suono non può giungerci: perchè, nonostante che il corpo sonoro dia le vibrazioni, esse non si comunicano al mezzo che dovrebbe trasmetterle fino a noi: nel primo caso perchè il corpo non acquista il moto vibra-

torio mancando della proprietà elastica, nel secondo caso, perchè manca affatto il corpo che dovrebbe trasmettere le vibrazioni. Infatti, se avvolgiamo un orologio in un grosso batuffolo compatto, non ne udiamo più il battito, perchè il cotone non è quasi affatto dotato d'elasticità. Così pure se per mezzo della macchina pneumatica facciamo l'estrazione dell'aria da un recipiente di vetro, nel quale sta un campanello elettrico, via che si toglie l'aria il suono diviene sempre più debole, finchè, quando avremo fatto il miglior vuoto possibile, il suono non si udirà più per niente benchè il campanello vibri ancora.

CAPITOLO TERZO.

Intensità di propagazione del suono.

Se in un certo luogo è un corpo sonoro, le cui vibrazioni comunicano il moto all'aria circostante, che lo trasmette per onde come abbiamo detto, un uditore, allontanandosi dal posto dov'è il corpo vibrante, sente un suono sempre più debole: ossia l'intensità del suono diminuisce quando cresce la distanza. Impareremo tra non molto che possiamo *registrare* in un disegno automatico l'intensità del suono: ebbene, facendo esatte ricerche a questo proposito, si trova che la relazione tra l'intensità del suono e la distanza dall'origine delle vibrazioni è regolata dalla legge: che « l'intensità del suono è inversamente proporzionale al quadrato della distanza » cioè a distanza doppia il suono è quattro volte meno forte, a distanza tripla è nove volte più debole, ecc.

Invece che scoprire sperimentalmente questa legge per misure, si poteva anche dedurla dalla conoscenza della propagazione del moto vibratorio per onde sferiche: infatti il corpo sonoro, ec-

citato, compie una vibrazione d'una certa ampiezza; questa vibrazione si comunica alle particelle circostanti, in modo che tra esse vien suddivisa, distribuita una certa quantità di movimento, una certa energia. Ciascuna di tali particelle poi, alla sua volta, comunica il proprio moto alle vicine: cosicchè durante la propagazione, arrivando il moto a comunicarsi a numeri sempre maggiori di particelle, mentre che l'energia di moto primitiva vien frazionata nella distribuzione, se noi consideriamo un punto qualunque del mezzo trasmissore bisognerà che l'intensità del movimento vibratorio sia diminuita, da quella che era all'origine, con la medesima legge, inversa, colla quale è cresciuto il numero di particelle a cui la vibrazione si è comunicata, colla quale cioè sono cresciute le superfici d'onda. E poichè queste sono sfere crescenti concentriche, e le superfici sferiche concentriche stanno tra loro nello stesso rapporto che i quadrati dei rispettivi raggi, è facile dedurre che « l'intensità del suono in un punto è inversamente proporzionale al quadrato del raggio d'onda corrispondente, ossia al quadrato della distanza del punto dal corpo sonoro ».

In conseguenza di questa legge si sono potuti costruire diversi apparecchi che raggiungono, in una forma o in un'altra, lo scopo di far sì che l'intensità del suono ad una certa distanza non diminuisca di quanto quella legge detta, ma assai meno. Per intendere più chiaramente il modo di agire di questi strumenti, rammenteremo che, siccome un uditore riceve una certa porzione di

superficie d'onda, è come se ricevesse tanti raggi quanti in questo tratto di superficie posson entrare, divergenti, dall'origine sonora sempre più.

I *tubi parlanti* — per esempio — che si usano per corrispondere da un piano all'altro della casa, e negli uffici, non sono che semplici tubi cilindrici; parlando ad un'estremità del tubo, entra in questo una certa quantità di movimento: e nell'aria contenutavi si trasmettono le vibrazioni per superfici d'onda crescenti come sappiamo. Senonchè, quando le superfici d'onda sien giunte ad aver quella dimensione che può esser compresa nel tubo di quel dato diametro, non possono crescere più: ed accade allora come si vede nella seguente figura 11 cioè accadono dei fenomeni

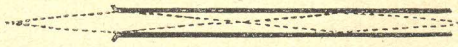


Fig. 11.

di riflessione del moto ondulatorio delle pareti interne del tubo, in modo che, per tutta la lunghezza, qualunque sia, la superficie d'onda massima che si potrà raccogliere all'altra estremità non sarà che quella delle dimensioni volute dal diametro del tubo: cioè l'intensità del suono sarà poco diminuita, in quanto che il moto, invece di comunicarsi ad una grande superficie, è trasmesso ad una superficie piccola, e le particelle di questa han perciò un moto assai notevole: in una parola l'intensità del suono risulta molto maggiore di quel che sarebbe a quella distanza

se la propagazione avvenisse nell'aria libera anzichè nel tubo.

Il *portavoce* usato in marina è un corto tubo alla cui imboccatura si parla: entra così nel tubo una certa superficie d'onda i cui raggi son fortemente divergenti. Ma nel corso del cammino interno per le riflessioni che avvengono sulle pareti del tubo, i raggi quando escono dal tubo sono lievemente convergenti, in modo che la superficie d'onda del moto vibratorio non cresce, ma anzi diminuisce fino al punto in cui i raggi convergeranno ed allora soltanto, sempre lentamente, le superfici cominciano a crescere. Con questo artificio si può far udire anche a distanza assai grande un suono relativamente debole. Si fanno i *portavoce* di diverse forme, che però si aggirano sempre intorno a quella cilindrico-conica.

Nei cornetti acustici invece accade presso a poco l'inverso. Sono tubi provvisti, ad un'estremità, di un padiglione a forma di scodellina, che ha la funzione di raccogliere una porzione più estesa possibile di superficie d'onda, che è quanto dire il numero più grande di raggi d'onda: questi, raccolti divergenti, si riflettono al solito nelle pareti interne del tubo, ma questo è fatto in maniera che, nel corso del cammino dentro di esso, la superficie d'onda iniziale vien ridotta al minimo, cioè i raggi vengono fatti convergere in un punto che è proprio subito fuori dell'altra estremità, la quale si tiene all'orecchio. Concentrando così il moto vibratorio d'un'estesa porzione di superficie d'onda in un punto, si ha una intensità notevole.

Se noi comunichiamo la medesima vibrazione a più corpi diversi, constatiamo facilmente che essi acquistano il moto vibratorio, quale più, quale meno intenso, a seconda della loro maggiore o minore elasticità. Per esempio, i gas, che non sono molto elastici, ricevendo una certa vibrazione, ne acquistano un movimento d'un'ampiezza assai minore: ossia essi trasmettono poco il suono: e tanto meno, quanto più sono rarefatti. Molti aereonauti, anche tra i primi, ascesi a grandi altezze osservarono che la loro voce sembrava notevolmente indebolita: e che nell'aria rarefatta, come si trova nelle alte regioni dell'atmosfera, il suono si trasmette poco bene, come si può provare anche con l'esperienza, già accennata, con la macchina pneumatica: via via che si estrae l'aria dal recipiente nel quale sta il campanello elettrico, cioè volta a volta che l'aria è più rarefatta, il suono è più debole, finchè si spegne.

Meglio che i gas trasmettono i liquidi che sono notevolmente più elastici: e se ne può fare una facile prova per mezzo di un tubo biforcuto, del quale un ramo sia pieno d'aria, l'altro d'acqua: ad uguale distanza il suono sarà trasmesso assai più forte per l'acqua che per l'aria.

Ancora meglio trasmettono i corpi solidi, e tra questi ottimamente alcuni legni, e i metalli. Ce lo insegnano alcuni usi: per esempio, in campagna, per udire rumori lontani sulla strada, c'è l'uso d'appoggiare l'orecchio al suolo: la terra propaga l'onde sonore conservando alle vibrazioni un'ampiezza assai grande, mentre che nell'aria,

tanto meno elastica, l'intensità diminuisce molto di più, e così si può udire pel suolo un rumore lontano, che per l'aria non arriverebbe sensibile. Facendo similmente sulla ferrovia, cioè accostando l'orecchio ad una longarina della strada ferrata, si percepisce il rumore del treno a distanza di parecchi chilometri, quando ancora nè per il suolo, nè, tanto meno per l'aria, ci giungerebbe affatto.

Una curiosa esperienza eseguita dal Wheatstone gli servì a porre in evidenza il forte potere trasmissore del legno. Aveva fatto costruire delle lunghissime asticelle di abete secco, terminate superiormente in una piccola espansione laminare, come una tavoletta; e le aveva collocate verticalmente nel fabbricato della sua casa, in questo modo: le estremità inferiori erano appoggiate sulla cassa armonica di un pianoforte, e sui ponticelli d'alcuni strumenti a corda, che venivan suonati in un sotterraneo: poi le asticelle traversando, in tutta la sua altezza, un cortile, avevano l'altra estremità in una soffitta. Di lassù l'esperimentatore poteva udire, trasmessi per il legno, i suoni prodotti dagli strumenti giù nella cantina, mentre non solo l'aria, ma neppure le mura della casa non facevan giungere i suoni nemmeno al primo piano della casa.

Come generalmente tutti i corpi solidi, anche le ossa comunicano assai bene le vibrazioni: ce ne possiamo convincere con una facile prova. Se facciamo vibrare un diapason, tenendolo dinanzi alla bocca, arriverà un momento in cui il suono sarà divenuto tanto debole, che non l'udiremo

più, perchè le vibrazioni così piccole d'ampiezza non comunicano all'aria un moto vibratorio sensibile. Se a questo punto noi prendiamo tra i denti il manico del corista, torniamo ad udire assai notevolmente il suono: perchè in questo caso la trasmissione avviene attraverso le ossa del cranio, che propagano anche un moto vibratorio di piccola ampiezza senza indebolirlo che poco.

Per trasmissione attraverso le ossa del cranio possono riuscir a udir i suoni comodamente i sordi non affetti da paralisi del nervo acustico: a questo scopo sogliono usare delle bacchette o lamine che tengono appunto coi denti.

Si è già detto che una vibrazione d'una certa ampiezza, comunicandosi a diversi corpi, non conserva sempre la medesima intensità: ma in ciascuno dei trasmissori il moto diviene più o meno forte a seconda della elasticità. Si capisce allora quanto avviene comunemente, per i corpi sonori, le cui vibrazioni giungono al nostro udito attraverso l'aria. L'aria è tanto meno elastica, generalmente, che il corpo vibrante origine del suono: perciò assume un moto vibratorio assai meno ampio e forte di quello che compieva il corpo sonoro: e tanto maggiore sarà questa differenza di intensità, ossia all'aria si comunicheranno vibrazioni tanto più deboli, quanto maggiore è la differenza d'elasticità tra l'origine sonora e l'aria. Così, per esempio, un diapason che è di ferro e perciò elasticissimo, per quanto vibri forte comunica sempre all'aria un moto ben piccolo; tanto è vero che, se il diapason è solo nell'aria, dà un

suono quasi impercettibile a distanze anche piccole. Se vogliamo che l'aria assuma un movimento vibratorio un po' più considerevole, bisogna che ricorriamo ad un artificio: che cioè facciamo comunicare il moto ad una grande superficie d'aria, e questo per opera di un corpo intermedio, più elastico dell'aria ma meno del ferro. Infatti se si appoggia il diapason su di una tavola, l'aria ci trasmette un suono alquanto sensibile anche ad una certa distanza.

Non è agevole determinare l'intensità del suono: se non in certi casi, servendosi di apparecchi registratori (V. Cap. VI): ma l'udito nostro, anche per confronto diretto, non può giudicare assolutamente con sicurezza a questo riguardo: perchè il nostro senso ci fa cadere facilmente in errore, in questo giudizio, per suoni di timbro differente, e specialmente di differente altezza: ed inoltre non tutte le persone hanno ugualmente sviluppate le facoltà uditive, nè i due orecchi della medesima persona godono di un ugual potere: sicchè il giudizio sull'intensità del suono per mezzo del nostro senso non è che approssimativo.

CAPITOLO QUARTO.

Velocità del suono.

Per farci un'idea del modo come avviene la propagazione del moto vibratorio, abbiamo considerato l'esempio d'una corda tesa: ebbene, abbiamo allora potuto constatare diversi fatti: anzitutto che l'onda impiega un certo tempo a percorrere tutta la corda, ossia che, come tutti i movimenti, anche la propagazione richiede del tempo a compiersi. Poi, che la velocità con cui questa propagazione ha luogo, è connessa alle proprietà intime del corpo e dipende dalla maggiore o minore sua elasticità. Infatti un corpo più elastico entrerà in vibrazione più presto e più facilmente che un altro meno elastico: e via via il moto si comunicherà di particella in particella, cioè si propagherà più presto, trovando meno resistenza.

Così la velocità di propagazione dipende dall'elasticità del corpo trasmissore. Ma di più, se diamo alla fine del solito esempio una scossa lenta, cioè comunichiamo ad esse una vibrazione, una

oscillazione, di durata piuttosto grande, vedremo che si porrà in moto un certo tratto di corda assai grande, e ad arrivare all'estremità della fune il moto impiegherà un certo tempo. Se invece diamo una scossetta molto breve e rapida, cioè comunichiamo alla fune una vibrazione di piccola durata, sarà anche altrettanto piccolo il tratto di fune che in ogni momento si porrà in moto (lunghezza d'onda): ma ad arrivare all'estremità della corda il moto impiegherà il medesimo tempo che nel caso precedente. Di qui si ricava che il rapporto tra la durata della vibrazione e la lunghezza d'onda è sempre la stessa. E allora da quella formula che dà il valore della lunghezza d'onda: $\lambda = v T$ possiamo derivare quest'altra, che ci dà

il valore appunto della velocità: $v = \frac{\lambda}{T}$: e ci in-

segna che la velocità di propagazione del suono è data dal rapporto tra la lunghezza d'onda e la durata d'una vibrazione; e siccome questo rapporto, abbiamo già detto, è una relazione costante, anche la velocità di propagazione, in ogni corpo, s'intende, è costante per tutti i suoni.

Questo si può anche esprimere così: che la velocità di propagazione del suono è indipendente dalla lunghezza d'onda e dalla durata delle vibrazioni, cioè dall'altezza del suono: e dipende unicamente dall'elasticità del corpo.

In pratica, continuamente verificiamo cotesta legge, che tutti i suoni sono trasmessi con uguale velocità di propagazione: quando, per esempio, ascoltiamo un'orchestra a distanza, possiamo ac-

certarci che le più differenti note, purchè emesse nel medesimo istante, nel medesimo istante ci giungono: il che vuol dire che l'aria le trasmette tutte propagandone l'onde con uguale velocità.

Per determinare praticamente questa velocità di propagazione del suono si posso seguire diversi

metodi: se poi ci si serve della formula $v = \frac{\lambda}{T}$

si capisce che per calcolare v basta, per un suono di cui si conosce la durata delle vibrazioni, determinare la lunghezza d'onda nel mezzo trasmissore in questione; e la lunghezza d'onda si trova in vari modi, che esporremo più tardi nel corso del nostro studio.

Di un altro metodo, quello dell'eco, si parlerà al prossimo capitolo: ora si dirà qui come furono fatte le prime determinazioni, relative anzitutto all'aria, che è il mezzo di propagazione usuale ed all'acqua, e poi ad un solido.

Da due alture, da due colline, una in vista dell'altra, tra le quali era stata prima misurata la distanza in linea retta, e sulle quali eran situati due posti d'osservazione, si sparavano alternativamente delle cannonate, prendendo nota, via via, dell'istante preciso in cui si sparava e dell'istante preciso in cui si vedeva la luce dello sparo dell'altro cannone. Allora siccome la velocità della luce è così grande che per distanze di chilometri si può far conto che sia istantanea, cioè che la propagazione della luce non richieda nessun tempo, confrontando gli appunti cronometrici si vedeva quanto tempo passa tra il momento in cui è stato

sparato il cannone ed il momento in cui dall'altra collina è stata veduta la luce di quello sparo. Così la distanza, divisa per questo tempo, dava la velocità di propagazione delle vibrazioni nell'aria. Lo sparo e l'osservazione conseguente si sogliono fare alternativamente dai due posti perchè, se c'è vento, questo può aumentare per il moto di traslazione della corrente d'aria, o diminuire, se è contrario, la velocità suddetta: quindi facendo le osservazioni delle due parti, le media delle osservazioni ci darà il valore più giusto possibile, venendo annullate per neutralizzazione l'influenza del vento.

In questo modo fu trovato che nell'aria e in tutti i gas la velocità aumenta colla temperatura: ed ha questi valori:

a 0	330 m. al secondo	
a 10	337	»
a 20	343	»
a 30	349	»

Nei liquidi si trovò una velocità che è per tutti sempre più grande che per i corpi gassosi: per l'acqua, circa 1435 m. al secondo. Per compiere la determinazione di questo valore, si fece così: si ancorarono, in un lago quieto, due barche, a distanza conosciuta l'una dall'altra: la prima barca portava una campana, sospesa ad una fune, e calata giù nel lago, immersa nell'acqua ad una certa profondità: l'altra invece portava una specie di cornetto acustico, pure immerso nell'acqua con un'estremità, mentre all'altra si teneva l'orecchio.

Un segnale luminoso fatto dalla prima barca in dicava l'istante in cui si batteva il colpo sulla campana: e così, misurando il tempo che il suono impiegava a giungere a quella distanza nota, si calcolava con una semplice operazione la velocità.

I corpi solidi, meno certi poco elastici, trasmettono generalmente più presto che i liquidi: specialmente i metalli. Nei legni questa velocità di propagazione è molto diversa a seconda che avviene nel verso delle fibre, oppure nel senso perpendicolare agli strati del legno, od anche in verso perpendicolare alle fibre, in strato. Per il legno secco d'acacia, ad esempio, furono trovati i seguenti valori: in strato, perpendicolarmente alle fibre 785 m. al secondo; perpendicolarmente agli strati 1335 m. al secondo; lungo le fibre 4640 m. al secondo.

Di tutti i corpi quello nel quale la propagazione del moto vibratorio è massimamente veloce, è il ferro, per il quale fu trovato il valore di 5130 metri al secondo. L'esperienza fu condotta così: si costruirono lunghissimi tubi di ferro, che si unirono poi, facendoli combaciare a contatto assoluto, a formare un tubo unico di parecchi chilometri. Dando una martellata ad un'estremità del tubo, presto se ne udiva il rumore all'altra estremità: e dividendo come sempre la distanza tra i due punti, cioè la lunghezza del tubo, per l'intervallo di tempo trascorso tra il colpo battuto e il colpo udito all'altro capo, si deduceva la velocità. Ma si poteva fare anche in un altro modo. Dopo poco che era giunto il rumore della

martellata trasmessa dal ferro, arrivava all'estremità dove stava lo sperimentatore, un altro colpo, più debole assai: trasmesso, questo, dall'aria contenuta nel tubo. Allora avendo, misurato il tempo passato tra il primo colpo e quest'altro, si poteva anche calcolare la velocità di propagazione del suono nel ferro, riferendola a quella dell'aria.

CAPITOLO V.

Riflessione del suono.

L'onda che nell'esempio già considerato abbi-
am veduta propagarsi lungo la fune, quando è giunta
all'estremo fisso non va avanti, ma torna indietro
ripercorrendo la fune nel verso contrario, e colla
curva rivolta dalla parte opposta di quella di prima.
Questo fatto si dice *riflessione* dell'onda: ed ac-
cade in pratica, tutte le volte che una superficie
d'onda propagantesi in un certo mezzo incontra
un ostacolo, una parete, per esempio.

Dalla figura seguente possiamo renderci conto
della maniera nella quale la riflessione si compie.
Se la parete non vi fosse, la superficie d'onda
 $ABCD$ dopo un certo tempo si sarebbe propa-
gata fino a divenire la nuova superficie $EFGH$.
Ma invece i punti dell'ostacolo, a cui giunge il
moto, divengono essi stessi centri di vibrazione,
e quindi vien propagato il moto nell'aria in senso
contrario a quello di prima. Così il punto C , dal
quale in quel dato tempo il moto sarebbe pro-
gredito fino in G , lo avrà invece rimandato in-

dietro ad una distanza $CP = CG$, cioè fino ad
un punto P distante da C quanto avrebbe do-
vuto esserlo G . Invece da un punto come B ,
entro quel medesimo tempo il moto avrà po-
tuto percorrere ancora in avanti il tratto che lo
separava ancora dall'ostacolo, cioè BL : giunto

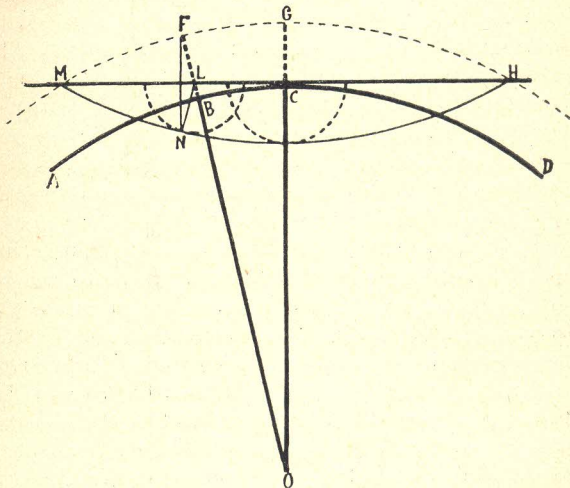


Fig. 12.

poi a contatto della parete il moto sarà propa-
gato di nuovo all'indietro, e, dentro quel tempo,
fino ad un punto N distante da L quanto sarebbe
stato distante F . Se si ripete la costruzione per
tutti i singoli punti si ottiene che risulta per rifles-
sione una superficie d'onda *uguale* a quella che nello

stesso tempo sarebbe divenuta se non avesse incontrato l'ostacolo: e *simmetrica* a quella.

Inoltre vediamo che il punto *C*, divenendo centro di vibrazione, emette, per così dire, una superficie di onda riflessa, di raggio, come si è detto, *CP*: e il punto *B* invece dà origine ad una superficie d'onda sferica di raggio *LN*: e allora la risultante della combinazione delle diverse sfere dà la direzione del raggio riflesso: che è regolata dalla seguente legge, che è legge generale di tutti i fenomeni di riflessione, e vale anche per la luce: il raggio riflesso fa colla perpendicolare un angolo uguale a quello che fa il raggio incidente: ed è contenuto nel medesimo piano del raggio incidente e della perpendicolare.

In pratica, tutte le volte che si produce un suono presso una parete, siccome il moto vibratorio si propaga in tutte le direzioni in modo da arrivare a sfere sempre crescenti, accadrà certo che una certa porzione di superficie d'onda arriverà alla parete e ne verrà riflessa. Ora, se la distanza dell'ostacolo al corpo vibrante è abbastanza grande perchè il suono originalmente prodotto possa udirsi distinto dal suono che giunge per riflessione, si ha l'*eco*. Naturalmente, perchè questo caso si verifichi, è necessario che l'onda riflessa torni al punto da cui è partita: e dalla legge della riflessione possiamo facilmente dedurre che la migliore condizione sarà quella che la parete sia posta proprio in faccia all'origine del suono, in maniera che i raggi le giungano, uno perpendicolarmente, e gli altri più possibile vicino alla perpendicolare.

Allora la parete rimanderà il suono nel punto da cui è partito: mentre che altrimenti potrà darsi il caso che la superficie d'onda giunga alla parete in modo da venir riflessa in direzione differente dalla primitiva non solo, ma senza che neppure un lembo di essa giunga all'origine sonora.

Perchè il nostro orecchio ci dia la percezione distinta, separata, di due suoni uguali consecutivi, è necessario che trascorra almeno $\frac{1}{10}$ di secondo tra di loro: possiamo allora calcolare quale sia la minima distanza sufficiente alla produzione dell'eco chiara. Il suono, nell'aria, in $\frac{1}{10}$ di secondo percorre 34 metri circa: e siccome nel caso nostro esso percorre due volte il tratto che divide l'origine sonora dalla parete, bisognerà che almeno di 17 metri sia questa distanza. Se sarà maggiore, i suoni si potranno udire ancora più distinti, separati da un intervallo, da un silenzio.

Esistono dei begli echi in natura, e in costruzioni artificiali: ma per il solito quando si ottiene una ripetizione forte e decisa di un suono, non è effetto della sola riflessione, ma altri fenomeni concomitanti migliorano la riuscita pratica dell'eco: il caso più frequente è quello della riflessione complessa, di cui darò un esempio. Se io parlo all'aria aperta in un punto *A* (fig. 13), avendo dinanzi a me una parete *BDC*, la mia voce sarà propagata in tutte le direzioni: ed alla parete arriverà un cono di raggi, rappresentato da *ABC*. Tra questi raggi quello che arriva perpendicolarmente alla parete, ossia *AD*, torna indietro senza esser deviato: tutti gli altri invece

sono riflessi cambiando direzione. Così io riceverò nel punto di partenza del suono, il raggio di ritorno DA : e, siccome io non occupo un punto solo, ma una piccola estensione, potrò raccogliere forse alcuni raggi vicinissimi ad AD , i quali vengono riflessi allontanandosi poco dalla direzione di prima. Così il suono che mi giungerà riflesso sarà assai debole.

Fig. 13.

Se invece che all'aria libera io parlavo dinanzi alla parete, ma tra due muri (fig. 14), allora non solo il raggio AD ed i suoi vicinissimi, al ritorno, mi porteranno il suono: ma vi saranno anche certi altri raggi, come AE , che, deviati dalla parete di fondo, incontreranno i muri laterali, e riflettendosi anche su questi, saranno piegati nella direzione mia. In questo modo il suono che udrò sarà più forte che nelle condizioni del caso di prima. Se invece che all'aria aperta tra due muri mi trovavo

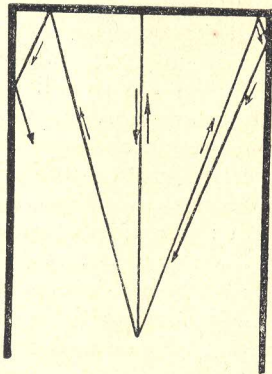


Fig. 14.

in un andito lungo, il soffitto poteva favorire, come le mura laterali, il buon esito dell'eco.

Accade molte volte che certe condizioni estranee all'eco vera (anche fenomeni di risonanza) sfuggono all'occhio; ed è così accaduto ad alcuno che, volendo riprodurre un'eco trovata in un posto, per quanto si eseguisse una costruzione identica, non si otteneva un uguale risultato; vuol dire che l'eco era migliorata da particolari condizioni, che erano sfuggite all'esame.

L'eco può servire a determinare la velocità di propagazione del suono nell'aria: e l'operazione sperimentale è delle più facili: basta misurare esattamente la distanza tra l'origine sonora e la parete che riflette, e dividerla per il numero di minuti secondi che trascorrono fra il momento della produzione del suono e l'istante in cui giunge al ritorno.

La riflessione del suono non dà l'eco, se non quando, come si è detto, la distanza sia sufficiente a far udire distintamente il suono e la sua immediata ripetizione. Altrimenti si hanno di quei fatti, a cui siamo tanto abituati, che neppure ce ne chiediamo spiegazione; come, per esempio, che, parlando in una stanza, la voce si ode più forte che non parlando all'aria aperta; infatti le onde originatesi incontrano, in questo caso, le pareti, e vengono da esse riflesse più volte, tornando sempre nell'interno della stanza, così presto, per la distanza piccola, che invece di dare una ripetizione, danno un suono che si ode insieme alla voce emessa; e così nella stanza l'inten-

sità è forte assai, non perdendosene che poca; invece all'aria aperta la propagazione avviene per sfere crescenti e l'intensità ad una certa distanza è assai piccola, come indica la legge che ne detta i rapporti. In ogni punto, all'aria aperta, si percepisce il suono con quella intensità corrispondente alla piccola superficie d'onda che vi giunge, mentre il moto si è diffuso anche in tutte le altre direzioni.

Se la stanza è piuttosto grande, l'onda riflessa darà, nel punto di partenza, un suono di ritorno che arriverà dopo un certo tempo da quello originalmente prodotto: e questo tempo non sarà ancora tale da permettere che si percepisca la ripetizione, ma non sarà neppure più così piccolo che esso possa formare tutt'uno col primo senza recare altra differenza che d'intensità. Si ottiene così allora un notevole prolungamento del suono continuato. Un bellissimo esempio di questo si ha nel Battistero di Pisa, dove, per esempio, cantando sotto la volta della cupola un arpeggio, anche a suoni abbastanza lenti, rimane un accordo continuato perchè ciascuna delle note viene, per la ripetizione che s'attacca al suono primo, prolungata moltissimo.

Ora, gli ambienti dove debbono aver luogo concerti e conferenze, dove cioè occorre che suoni successivi, anche brevissimi, possan essere uditi chiari e distinti, se presentano questo fenomeno di riflessione che si è detto, sono difettose per quello cui debbono servire. Generalmente, siccome tanto più è esattamente piana la parete, tanto me-

glio avviene la riflessione, se ne interrompe la continuità con rilievi, cornicioni, mensole, ecc.; e nei teatri, coi palchi, che incavano così continuamente le mura. Ma poi, siccome specialmente bisogna rammentare che i corpi riflettono il suono tanto meglio quanto più sono elastici, perchè debbono divenir centro di vibrazioni i punti loro colpiti dall'onda sonora, quando le pareti di una sala danno troppo accentuato e nocivo all'effetto generale, il fenomeno della riflessione, si tappezzano parzialmente. Le tappezzerie sono quasi affatto elastiche: arazzi, tende, tappeti, sono ottimi per ovviare a tale inconveniente. Naturalmente una sala piena di gente è sempre molto meno « sonora » cioè le riflessioni interne sono assai meno sensibili, che quando essa è vuota; perchè la gente non fa altro che « tappezzare » una intera parete, il pavimento.

Studiamo brevemente un particolare fenomeno di riflessione. Se noi poniamo, ad esempio, una candela accesa tra due specchi paralleli posti l'uno in faccia all'altro, possiamo vedere su ciascuno di essi un numero infinito di immagini del lume; infatti ciascuno dei due specchi riflette anzitutto la candela, poi ciascuno riflette la prima immagine che dà l'altro, poi la seconda, e così via fino a che non s'indebolisca tanto l'intensità della luce, che l'immagine non si scorga più. Analogamente accade per un suono: tra due pareti poste di faccia l'una all'altra, un'onda sonora segue queste vicende: una porzione d'onda è riflessa anzitutto da ciascuna delle pareti; poi, viene ri-

flessa la prima onda riflessa, e avanti così fino a che, pur avvenendo sempre la riflessione, non sia indebolito tanto il suono, da non poter udirsi più.

Nelle stanze appunto questo accade sempre: che due pareti si rimandano il suono successivamente alternando la riflessione: se non che la distanza tra di loro è così piccola, che si ha per effetto solamente un rinforzo e un prolungamento del suono originale. Ma quando invece la distanza tra le due pareti parallele è sufficiente a permetterci che una persona collocata in mezzo tra loro due oda distinte le diverse riflessioni successive, si ha il fenomeno dell'*eco multipla*. Un celebre esempio di tale fatto si ha nella *Villa Simonetta* a Milano, dove, sparando un colpo di rivoltella in un certo punto tra le due ali del fabbricato, si può arrivare a sentirlo ripetere fino a circa 40 volte.

Può accadere che le riflessioni multiple, a distanza piccolissima, non diano neppure un notevole prolungamento, ma forniscono invece un grande rinforzo del suono originale: specialmente se altre condizioni favoriscono la buona riuscita del fenomeno: come accade, per esempio, nella famosa grotta conosciuta sotto il nome di *Orecchio di Dionisio*, presso Siracusa: che è un antro naturale, alla cui entrata anche un rumore assai piccolo, come un moderato battito di mani, diviene fragoroso e violento quanto una fucilata.

Anche il rumore del tuono è dovuto specialmente a riflessioni multiple: chè il fulmine vera-

mente, si sa, dà un rumore secco, un colpo istantaneo: mentre che da lontano si sente una specie di rullo prolungato, a cui danno origine le multiple riflessioni che hanno luogo tra nuvola e nuvola, e tra le nuvole e il suolo.

La riflessione delle onde del moto vibratorio avviene, si è già detto, nello stesso modo e secondo le medesime leggi fondamentali che regolano la riflessione della luce: ma se osserviamo via via altri fatti, vediamo che il comportamento del suono ci si rivela analogo a quello della luce in un gran numero di casi, fra i quali è assai interessante, ad esempio, quello degli specchi concavi.

Uno specchio concavo gode della proprietà che, giungendo ad esso dei raggi luminosi tutti paralleli tra loro, vengono riflessi in modo da incontrarsi tutti in un punto che si chiama *foco* dello specchio: ossia, mentre la loro direzione relativa di prima era il parallelismo, per la riflessione sulla superficie curva dello specchio, ne son rimandati convergenti in maniera che nel foco tutti si riuniscono: e così in quel punto solo viene concentrata tutta l'intensità luminosa che prima era distribuita nell'intero fascio luminoso. I raggi del sole, infatti, come si può facilmente provare, siccome giungono alla terra paralleli tra loro, arrivati ad uno specchio concavo, convergono nel suo *foco*: e un pezzo di carta, o un fiammifero posti lì, s'incendiano. Inversamente, se una sorgente di luce si colloca nel foco d'uno specchio concavo, questo ne riflette i raggi tutti paralleli

fra loro: come si pratica generalmente nei fari dei porti di mare: un lume è posto esattamente nel foco d'un potente specchio concavo, perciò i raggi luminosi ne partono in fascio parallelo, che può arrivare a distanze molto grandi senza disperdersi e perciò senza diminuire notevolmente d'intensità. Naturalmente, consegue che se si pongono l'uno in faccia all'altro due di tali specchi, e nel foco di uno si mette una candela accesa, nel foco dell'altro avremo concentrati forte calore e forte luce, perchè il primo specchio rimanda paralleli i raggi della candela, i quali giungendo così al secondo, vengono fatti convergere nel foco.

Per il suono avviene lo stesso: solamente la superficie che riflette non importa che sia uno specchio, ma basta ed occorre che sia una superficie elastica. Così una parete concava riflette paralleli i raggi sonori partenti dal suo foco: e raggi paralleli corrispondono ad una superficie d'onda piana che non cresce, come crescerebbe una regolare superficie d'onda sferica, ed in tal modo il suono conserva anche a grande distanza una notevole intensità. Perciò, è facile comprenderlo, è ottima costruzione quella di sale da conferenze o da concerti, la cui parete di fondo è concava: e nel suo foco è posto lo scanno per il conferenziere o la pedana per il concertista, perchè la voce o il suono, anche nei momenti di « pianissimo » vengono intesi bene ugualmente in tutti i punti della sala.

Spesso in alcune chiese, in certe sale, si tro-

vano doppie parabole, cioè si trovano, a distanza, due punti delle pareti, concavi, ed in faccia; in modo che, collocandosi esattamente nel foco dell'uno, si può udire ciò che vien detto sottovoce nel foco dell'altro, mentre che, appena un passo più in là, bisognerebbe che la voce fosse forte quanto un grido, per arrivare a percepirla. Similmente ci si può render conto d'un fatto curioso che, avvenuto più d'un secolo fa, non si seppe lì per lì spiegare e parve meraviglioso: dei marinari di una navicella, la quale si trovava già quasi ad un centinaio di chilometri da terra, udirono come un lontanissimo suono di campane: perciò meraviglie grandissime. Orbene, il suono era realmente prodotto dalle campane d'un paese sulla lontana costa: le montagne dietro al paese rimandavano sul mare i raggi sonori quasi perfettamente paralleli: e la vela, gonfiata dal vento, e che perciò aveva assunta la forma concava, concentrava quei raggi sul suo foco, dove appunto i marinai si trovavano riuscendo, così a percepire il suono.

CAPITOLO VI.

Intensità e altezza del suono.

Quando io batto sul diapason un colpettino leggero, esercito, col colpo, una certa deformazione, e poichè le particelle oppongono a questa una reazione elastica che origina le oscillazioni, si comprende che quanto più forte sarà la deformazione provocata, tanto più ampie saranno le oscillazioni che si origineranno. Ma se io ascolto il suono del diapason quando è battuto leggermente, e quando invece è colpito forte, sento che nel primo caso è debole, piano, e nel secondo invece è forte, intenso; per cui basta questa semplice osservazione di fatto, per convincere che l'intensità del suono, indipendentemente da quello che già sappiamo che può modificarla, cioè a distanza costante dall'origine del moto vibratorio, dipende dall'ampiezza delle vibrazioni.

Oltre all'intensità, un'altra caratteristica dei suoni, per la quale possiamo riconoscerli e distinguerli l'uno dall'altro, è l'altezza. Tutti, anche chi non è musicista, sono capaci di giudicare se un suono è, o no, di altezza uguale ad un altro,

e se è più acuto o più grave. Questo carattere dei suoni ha la sua causa fisica nella durata delle vibrazioni; e il suono è più acuto quando la durata è minore, più basso quando la durata è più grande; o, si può dire altrimenti, è più alto quando è dato da un numero maggiore di vibrazioni in un secondo, è più grave quando è dato da un numero più piccolo di vibrazioni, più lente, tali che in un secondo se ne compiono meno. Perchè il suono conservi la stessa altezza è necessario che le vibrazioni abbiano tutte la medesima durata, costante. Se chiamiamo T la durata d'ogni vibrazione di un suono, il numero di vibrazioni compiute nell'unità di tempo sarà, naturalmente, $\frac{1}{T}$

e indicando con N questo valore $\frac{1}{T}$, possiamo convertire la formula della lunghezza d'onda, $\lambda = v T$, in quest'altra: $\lambda = \frac{v}{N}$. Perciò essendo per ogni corpo omogeneo costante la velocità di propagazione v , il numero di vibrazioni di un suono è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda: cioè sono più alti i suoni di lunghezza d'onda più piccola, e più bassi i suoni di maggiore lunghezza d'onda.

Conoscendo il valore della velocità di propagazione del suono nel corpo di cui si tratta, e misurando, nel modo che diremo più tardi, il numero delle vibrazioni di un suono, si può ricavare λ , cioè il valore della lunghezza d'onda corrispondente a quella nota. Oppure viceversa mi-

surando λ si può calcolare l'esatto numero di vibrazioni compiute dal corpo per dare il suono in esame.

Vedremo poi, trattando della risonanza, come questi calcoli sieno in pratica utilissimi.

La legge di Galileo sulle oscillazioni insegna che « la durata è indipendente dall'ampiezza: e che, per ogni corpo (pendolo) ad una certa lunghezza corrisponde una certa durata d'oscillazione che resta la medesima tanto se l'ampiezza è piccola, quanto se è grande. Per il moto vibratorio, l'applicazione di questa legge ci insegna, che l'altezza d'un suono è indipendente dalla sua intensità, cioè che una nota può esser forte o debole, qualunque essa sia: e che, data una certa durata delle vibrazioni, si ha sempre una stessa nota, sia essa forte o debole.

Tutto quanto è stato detto in questo capitolo trova istruttive verifiche e conferme sperimentali in facili esperienze, che io accennerò aggruppandole diversamente a seconda del mezzo materiale dell'espedito, col quale il fenomeno sonoro ci viene presentato allo studio.

Metodo grafico. — Se si forma un pendolo sospendendo un cilindretto metallico a due fili che si riuniscano passando per un sostegno scanalato (fig. 15) esso potrà oscillare sempre nel medesimo piano: e darà oscillazioni *semplici*. Se ad esso sarà stata attaccata una puntina, potremo collocar l'apparecchio in modo che, mentre il pendolo oscilla, la puntina di continuo sfregghi leggermente la carta di un cilindro, come è disegnato nella

figura. Questo cilindro si può far girare, e siccome l'asse suo ha un passo di vite, ad ogni giro il cilindro si sposta di un certo tratto in avanti, cioè si muove elicoidalmente. Esso è ricoperto di carta affumicata, e la puntina vi lascia, scorrendovi sopra, un tracciato come questo (fig. 15); cioè una certa curva periodica semplice, che si chiama *sinusoide*, propria e caratteristica delle oscillazioni semplici.

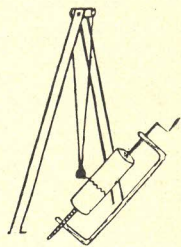


Fig. 15.

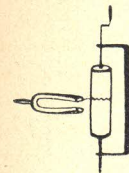


Fig. 16.

Analogamente, se applichiamo una puntina all'estremità d'un ramo d'un diapason, e l'appoggiamo leggermente su di un cilindro come quello (fig. 16) allorchè il diapason entra in vibrazione la puntina oscilla insieme a tutto il resto del corpo e perciò sfrega lievemente, muovendosi, la carta del cilindro rotante, e vi disegna un tracciato di forma perfettamente simile a quella che abbiamo veduto sopra per il pendolo. Solo che il cilindro dovrà essere girato con velocità alquanto maggiore, perchè le vibrazioni del corista sono molto più rapide, e perciò più frequenti, che non le oscillazioni di quel pendolo; e, se il cilindro rotasse con la stessa velocità che prima era giusta e sufficiente, ora il disegno risulterebbe confuso, anzi, proprio *poco spiegato*.

Il diapason scrivente può esser utile per molte

prove ed esperienze elementari. Per esempio, prendendone due perfettamente identici, e dando ad uno un colpo assai forte ed all'altro appena un urto lievissimo, ne potremo confrontare i tracciati; e vedremo che la sinusoide del primo avrà una ampiezza molto più grande di quella del secondo

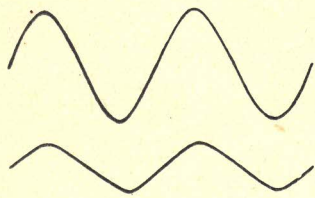


Fig. 17.

(fig. 17), mentre che la lunghezza d'onda è per tutt'e due la medesima. In tal maniera si verifica che l'intensità del suono dipende proprio dall'ampiezza maggiore o minore delle vibra-



Fig. 18.

zioni; e che la durata di queste, e la lunghezza d'onda, sono indipendenti dall'intensità. Se poi, dato un colpo abbastanza violento ad un diapason, lo facciamo scrivere fino a che non suona più, os-

servando poi l'intero tracciato troviamo che la sinusoide, dal principio alla fine del disegno, va gradatamente diminuendo d'ampiezza (fig. 18): e questa diminuzione dell'ampiezza delle vibrazioni accompagna l'indebolimento del suono.

Conducendo l'esperienza nel modo che si è detto, non si possono fare studi di confronto fra

i tracciati: per poter studiare i rapporti che corrono tra le relative lunghezze d'onda di suoni diversi e le corrispondenti altezze, bisogna che il cilindro ruoti con una velocità costante. A questo scopo si adoperano degli ottimi apparecchi d'orologeria che mettono in moto con un'uniformità praticamente assoluta, il cilindro che ruota elicoidalmente: si ottiene così un tracciato lungo e continuo, sul quale l'orologio per conto suo segna un punto ad ogni secondo che passa.

Se noi allora facciamo scrivere sul cilindro, o tutti insieme a diverse altezze, o, meglio, successivamente ma a velocità di rotazione del cilindro sempre uguale, diversi diapason, vedremo che quelli che danno suoni uguali, danno tracciati nei quali, entro un secondo, possiamo contare un ugual numero di curve d'oscillazione: cioè, mentre queste curve potranno essere diverse d'ampiezza, perchè un diapason suoni piano e l'altro forte, saran sempre uguali di lunghezza d'onda. Così verificiamo la « legge fisica dell'unisono » la quale si può così enunciare: « suoni prodotti da vibrazioni di uguale durata, hanno uguale altezza e si dicono all'unisono tra loro ».

Se osserviamo i tracciati di certi due diapason che non danno lo stesso suono, potremo vedere che nello spazio compreso in un minuto secondo, il tracciato dell'uno presenta 100 curve di vibrazione, l'altro 200: e naturalmente la lunghezza d'onda di queste ultime sarà minore di quelle altre, precisamente la metà, perchè sul medesimo spazio ce n'entra un numero doppio. Così ci ren-

diamo conto del fatto che λ è in ragione inversa di N numero delle vibrazioni, come insegna la formula $\lambda = \frac{v}{N}$.

Non sempre si può applicare una puntina scrivente sul corpo sonoro che vogliamo considerare: ed in pratica occorre anche un altro strumento registratore, al quale l'origine sonora possa rimanere estranea. Si usa spesso a questo scopo il Fonautografo di Scott, che è come una specie di Fonografo di Edison, che ha per fondo una membrana tesa, la quale porta un sistema di leve articolate, leggerissime e molto sensibili. Allora, producendo il suono da esaminarsi presso la bocca dell'imbuto, l'aria ne trasmette tosto le vibrazioni alla membrana, questa pure si pone a vibrare muovendo le leve, che scrivono sopra uno dei soliti cilindri rotanti il tracciato corrispondente al suono sottoposto allo studio. Soltanto in certi casi speciali, per esempio, per accurate investigazioni sul timbro, quando disturba che la membrana vibrante alteri anche lievemente il tracciato, ad es., nella forma delle curve, si possono preferire a quell'apparecchio altre disposizioni speciali, come per esempio quella che adottarono Cornu e Mercadier per gli strumenti ad arco, dei quali stringevano leggero il ponticello in una piccola morsa d'acciaio, che lo abbracciava orizzontalmente: un filo metallico connesso alla morsa trasmetteva le vibrazioni fino ad una punta, che scriveva come al solito.

Ora supponiamo di modificare così il Fonau-

tografo: che la membrana facesse, invece di scrivere, incidere alla puntina portata dalle leve, il tracciato sopra un cilindro rotante di stagnola: questo riuscirà tutto solcato via via, variamente a seconda dei suoni diversi: e se allora si lascia la puntina appoggiata al solco, da principio, e si fa di nuovo girare il cilindro, si ripeterà l'operazione, ma inversa, e tutto il sistema ripasserà, con ordine contrario, per le medesime fasi di prima. La puntina, guidata dalla incisione stessa da lei operata, si smuoverà, e farà muovere le leve seco: queste imprimeranno alla membrana le corrispondenti vibrazioni, e la membrana le comunicherà all'aria, in modo che verranno riprodotti esattamente, un po' meno intensi ed un po' modificati nel timbro, i suoni stessi che si erano prodotti prima dinanzi all'apparecchio. Un tale strumento ad inversione non è altro che il semplice *Fonografo* di Edison, al quale furono fatte poi molte modificazioni diverse, tanto che, a seconda di certe differenze di particolari di costruzione, ha ricevuto in commercio nomi vari. Così la primitiva membrana fu sostituita da una lamina di mica, sottilissima; invece del cilindro di stagnola si usarono cilindri di cera indurita, mentre che ora si adoperano dischi di ebanite: infine agli aghi d'acciaio furono sostituite delle puntine di vetro per praticare l'incisione sul disco, e puntine assai più flessibili e meno dure, per ottenere la ripetizione. Fu poi aggiunto un padiglione a imbuto, per rinforzare il suono e migliorarne il timbro.

Metodo meccanico. — Se prendiamo una ruota dentata, e facendola girare con velocità uniforme, le accostiamo un cartoncino, si ottiene un suono: infatti ogni dente che passa, spinge il cartoncino in un verso, ed ogni intervallo lo lascia tornare per elasticità alla posizione di prima: cosicchè, in conclusione, ad ogni dente che passa, il cartoncino compie un'oscillazione. È evidente allora che, sapendo quanti denti in giro ha la ruota, e potendo misurare per mezzo di un contatore quanti giri fa la ruota in un secondo, si può ottenere il numero delle vibrazioni che la ruota fa compiere al cartoncino in un secondo. Con quest'apparecchio si viene a conoscere direttamente il numero di vibrazioni che corrisponde a suoni di varia altezza: si verifica che l'altezza non dipende da altro: infatti, sia che accostiamo alla ruota un cartoncino, oppure una laminetta metallica, purchè essa ruoti con costante velocità, si ottiene il medesimo suono, perchè il numero di vibrazioni compiute è lo stesso per i due corpi. Inoltre aumentando la velocità, cioè facendo compiere alla ruota un maggior numero di giri per secondo, il cartoncino eseguisce in un secondo un maggior numero di vibrazioni: ed il suono prodotto è più acuto. Se la ruota dentata non si muovesse con velocità costante, oppure fosse in parte sdentata, anzichè un vero suono, si otterrebbe piuttosto un rumore: infatti, mentre presso le segherie a vapore è agevole udire il suono dato da questi strumenti dentati che fan vibrare con regolarità il legno, se ascoltiamo mentre il

legno viene segato a mano, udiamo un rumore, per l'irregolarità del movimento.

Lo strumento sopradescritto è la *Ruota dentata di Savart*. Un apparecchio simile è la *Sirena di Cagniard La Tour*: soltanto è ad aria. Consta di un disco forato in giro, contro il quale si applica un tubo pel quale passa una corrente d'aria a pressione costante, prodotta da un mantice, e mantenuta sempre uguale per opera di un regolatore. Girando rapidamente ma sempre uniformemente il disco, l'aria è libera di passare attraverso i fori, mentre viene impedita e si comprime negli intervalli: cosicchè in conclusione ad ogni foro l'aria compie una vibrazione. Allora, conoscendo il numero dei buchi del disco, e moltiplicandolo per il numero di giri che un contatore indica esser compiuti in un secondo, si ottiene il numero di vibrazioni corrispondenti al suono prodotto.

Si possono fare con la Sirena le medesime verifiche che ho accennato sopra a proposito della Ruota di Savart; ma inoltre, se il getto d'aria è regolato ed è sempre uguale di pressione, il suono si produce d'intensità costante, perchè il moto vibratorio che si origina ha sempre la medesima ampiezza: ma se invece si fa aumentare o diminuire la pressione della corrente d'aria, anche la intensità del suono cambia, ed è maggiore nel primo, minore nel secondo caso.

Però, conducendo l'esperienza, a riguardo dell'intensità, in un modo speciale, per considerarla rispetto a suoni diversi, ecco che possiamo incorrere in una prova contraria a quel che sappiamo;

se infatti, mantenendo costante la pressione del getto d'aria, cominciamo a far ruotare il disco con una piccola velocità, poi con velocità maggiore, ed infine grandissima, il suono che dovette avere intensità costante è molto più debole da principio che di poi; ossia, ad intensità costante, sembrano più forti i suoni acuti che non i gravi. *Sembrano*, perchè tale è la sensazione che ne riceviamo noi, ma è questo un errore del nostro udito, un'impressione falsa del nostro senso: tanto che, facendo scrivere per mezzo di un apparecchio registratore il suono basso e quello alto, possiamo accertarci che l'ampiezza delle vibrazioni è esattamente la stessa. Appunto per questo inganno in cui l'orecchio ci trae, il nostro giudizio comparativo sull'intensità dei suoni non ha, come fu detto, un valore assoluto.

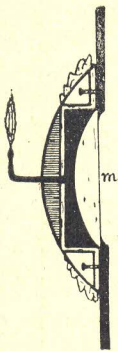


Fig. 19.

Metodo Koenig. — Lo strumento che si usa con questo metodo, e che dal Koenig fu appunto ideato e costruito è la *capsula manometrica* (fig. 19). È una specie di cassetina, una parete della quale è costituita da una membrana tesa. Nella cassula immettono tre condotti: uno porta la corrente normale di gas illuminante, un altro comunica coll'esterno e serve per l'esperienza, un terzo porta il gas al becco ove è accesa la fiammella. Quando il secondo tubo è liberamente in comunicazione con l'aria aperta, ferma, oppure è chiuso, la fiamma del gas illuminante non ha

niente di anormale: ma se invece per quello facciamo giungere un suono alla cassula, la membrana entra in vibrazione e fa seco vibrare anche il gas luce, il quale arriva al becco d'accensione non con una pressione regolare e costante, ma con tante successive compressioni e rarefazioni, quante vibrazioni compieva il suono in esame. La fiamma che si ottiene allora è tremolante: e se l'osserviamo in uno specchio che si faccia girare,



Fig. 20.

acquisterà questo aspetto (fig. 20) mentre che la fiamma regolare non tremolante, avrebbe dato un nastro luminoso. Ogni dentellatura corrisponde ad una vibrazione, perchè il punto elevato esprime la compressione (passando più gas, la fiamma si allunga) e l'avvallamento, la rarefazione (passando meno gas, la fiamma si accorcia) mentre che la profondità delle dentellature esprime la maggiore o minore intensità.

Metodo ottico Lissajous. — Bisogna condurre l'esperienza in una camera oscura, provvista di un foro piccolissimo, pel quale passi un raggio di luce molto sottile. Si dispone allora un diapason, che sia stato lucidato e reso lustro come uno specchio all'estremità di un ramo, in maniera da far cadere in questo punto, non perpendicolarmente, il raggio di luce (fig. 21). Questo allora viene riflesso dal corista; e se facciamo ca-

dere questo raggio riflesso sopra uno schermo girante, vi otteniamo l'immagine del punto luminoso, in moto, cioè una linea orizzontale di luce. Ma se il corista vibra, il raggio riflesso negli'istanti successivi non cadrà su una retta, ma disegnerà invece il movimento compiuto dal diapason: e sullo schermo rotante si otterrà una figura che non è altro

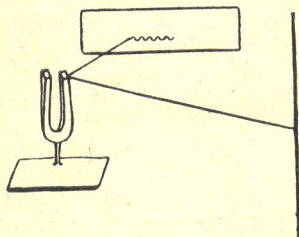


Fig. 21.

gura che non è altro che la sinusoide che già conosciamo e che è veramente l'immagine del movimento oscillatorio del corista. Possiamo studiare i disegni ottenuti con questo metodo perfettamente nella stessa maniera in cui si studiavano i tracciati ottenuti col metodo grafico: ma inoltre, con disposizione diversa che impareremo più tardi, si può secondo il sistema del Lissajous, vantaggiosamente impedire lo studio dei rapporti tra i numeri di vibrazioni di due suoni, ed il riconoscimento dell'unisono perfetto.

CAPITOLO VII.

Corista normale. — Suoni percepibili.
Intervallo musicale.

Siccome veramente ogni numero di vibrazioni individualizza un suono, e due suoni non sono di uguale altezza se non sono dati da numeri esattamente uguali di vibrazioni, è necessario che, parlando di una certa nota musicale, indicando un suono, si sia certi che tutti intendono quel suono lì, quella nota precisa: così, ora, quando si dice il La_2 , si sa che si deve intendere quel suono che compie in un secondo 217 vibrazioni e mezza. Questo accade ora, ai giorni nostri, perchè si è stabilita una nota fissa, una nota campione, a cui si riferiscono tutte le altre: prima non era così. Prima, nei differenti luoghi, nelle varie città, gli strumenti venivano accordati più alti o più bassi a seconda dell'uso e del comodo dei suonatori; e nei differenti teatri e nelle cappelle musicali si avevano intonazioni tanto differenti, che molto disagio ne sentivano così i cantanti, come certi strumenti, per esempio, quelli a squillo: e questa diversità d'accordatura ci è at-

testata dalle verifiche, compiute in diversi tempi da alcuni fisici, delle quali riporterò alcune, per dare un'idea della variabilità di suono a cui riferirsi. Nel 1710 Sauveur trovava che il La_3 in uso in Francia era di 405 vibrazioni al secondo (circa il $Fa_3 \#$ moderno): entro il secolo il La_3 saliva fino a 425. Nel 1833 secondo le ricerche di Schaebler e Chladni, al Teatro dell'Opéra a Parigi il La era di 423 vibrazioni al secondo, mentre che al Teatro degli Italiani, nella medesima città, era già salito a 434: ed al Conservatorio si adottava il La di 440. Nel 1857 il Lissajous trovava di 448 quello dell'Opéra di Parigi, di 449 quello del Teatro di Berlino, di 445 quello del S. Carlo di Napoli, di 452 quello della Scala di Milano, e infine di 455 quello del Maximum di Londra.

Adesso invece, con saggio provvedimento, tutti i paesi civili hanno stabilito di riferirsi a un medesimo esatto suono, il La_3 di confronto, che è quello di 435 vibrazioni al secondo, ed è prodotto dal Corista normale, il cui campione è a Parigi.

Il moto vibratorio regolare non dà sempre la sensazione sonora, perchè il nostro orecchio, come del resto tutti gli altri sensi, ha facoltà assai limitate; ed avverte un suono soltanto quando gli giungano vibrazioni d'una certa ampiezza e d'una certa durata. Così i suoni troppo deboli non arrivano a destare nel nostro organo uditivo la sensazione, e quelli troppo forti ci impressionano tanto violentemente, che turbano la vera sensazione, e ci sopraffanno senza che li udiamo.

Ma questo interessa poco: importa più sapere

che anche il moto oscillatorio di durata troppo breve non viene avvertito, e così quello di durata troppo lunga non dà sensazione sonora: e, mentre quando avremo studiata la struttura ed il funzionamento dell'organo uditivo cercheremo di renderci conto di questo fatto, per ora ci basterà conoscere quali sono i limiti entro i quali le vibrazioni danno suono.

La nota più bassa che l'orecchio umano può udire è, sembra, il Do di 16 vibrazioni al secondo: suono che producono certe colossali canne dei più grandi organi. Recentemente è stata posta in dubbio questa percepibilità di note così basse e si è ritenuto da alcuni che, poichè ogni suono generalmente è accompagnato, come più tardi si vedrà, da altri più acuti, chiamati armonici, quando crediamo di udire una tal nota bassa ne udiamo invece questi armonici e li riferiamo a quello che sappiamo dover essere il fondamentale. Per quanto questa specie di percezione non immediata sia alquanto discutibile, pure è certo che per suoni così bassi la sensazione è sempre un po' confusa, e tra note vicine non si distingue tanto facilmente la differenza d'altezza; come facilmente possiamo sentire, ascoltando i suoni prodotti dai tasti più bassi del pianoforte, specialmente dei moderni da concerto: ne giudichiamo l'intonazione con una certa difficoltà ed indecisione.

Il suono più acuto che possiamo arrivare a percepire sembra che sia, circa, quello di 36000 vibrazioni al secondo: ma per queste note acute la

sensibilità dell'udito varia da persona a persona assai più che per quelle basse. Ad ogni modo suoni molto alti danno sempre una sensazione sgradevole e penosa ad afferrarsi; e ad un certo punto poi non si odono più.

In musica raramente si arriva ad adoperare suoni bassi vicini al limite udibile: ma siccome i suoni molto acuti sono sgraditi al senso, per essi tanto più, in musica, si sta lontani dal limite, tanto che non si sorpassano di solito le note di circa 6000 vibrazioni al secondo, ed anche a queste non si arriva ordinariamente. Nei pianoforti moderni il suono più basso è il *La* di 27 vibrazioni al secondo: il più alto è il *Do* di 4200; nell'orchestra, i numerosi strumenti danno suoni di grande numero in estensione: partendo dal *Mi* di 41 dei contrabbassi, si arriva al *Sol* dell'ottavo, di 6200 circa: e agli armonici d'ottave acutissimi dei violini, intorno alle 6000 vibrazioni. Le voci umane hanno questa estensione: dal *Mi* di 82 del basso al *Do* di 1050 del soprano; per quanto i soprani possano anche salire molto più.

Però in musica l'altezza assoluta dei suoni ha un'importanza assai secondaria in confronto a quella che ha l'altezza relativa, su cui è fondato addirittura, si può dire, il sistema musicale.

Primo fondamento è il « principio dell'ottava » che i musicisti, per quanto lo conoscano e lo praticino senza pensarci affatto, tanto è in essi naturale, non pensano che sia una cosa strana. Ecco in che cosa consiste: mentre noi siamo capaci di

distinguere tra certi due suoni uno più basso ed uno più alto, pure ne riceviamo la sensazione di intonazione uguale. Ad esempio, udendo queste due note: (fig 21) noi sentiamo benissimo che la prima è più grave della seconda, ma sentiamo anche e riconosciamo con facilità che « sono la stessa nota » ossia hanno la medesima intonazione, per quanto la loro altezza assoluta non sia uguale. Di due suoni come questi noi possiamo sostituire uno all'altro senza che cambi qualitativamente la sensazione che riceviamo: tanto è vero che in musica si chiamano con un medesimo nome.



Fig. 21.

Stanno tra loro, ad un incirca, come due gradini d'una scala a chiocciola, l'uno esattamente sopra all'altro in senso perpendicolare; essi occupano la stessa posizione verticale, ed in una proiezione della scala su di un piano occuperebbero il medesimo punto, e se non si considerasse che la posizione laterale, essi si equivarrebbero. Però, sono ad altezza diversa: e tra loro due possono entrare gradini intermedi, i quali allora si distingueranno da quelli non solo per l'altezza, ma anche per la posizione laterale, e non potranno mai, in nessun senso, equivalere ad uno dei primi due, nè ad altro tra loro.

Siccome l'altezza dei suoni dipende dalla durata delle vibrazioni, è naturale pensare che tra due suoni che danno quella speciale sensazione dell'ottava debba esistere una speciale determinata relazione tra le rispettive durate delle vibrazioni: e questo possiamo ricercare con uno di

quegli apparecchi che già conosciamo, per es., colla *ruota di Savart*, oppure colla *sirena*. Infatti, partendo da un certo suono ed aumentando gradatamente la velocità di rotazione dello strumento, si passerà per tanti suoni diversi, che riconosceremo facilmente differenti d'altezza dal primo; ma al fine giungeremo ad un suono che, per quanto più acuto, troveremo d'intonazione uguale a quello da cui siamo partiti: sensazione, questa, caratteristica dell'*ottava*, e che certo costituisce uno dei più curiosi e strani fenomeni della nostra fisiopsicologia. Se avremo fatto il computo del numero di vibrazioni che competevano al primo suono, e calcoliamo ora, dalla velocità che abbiamo dovuto dare all'apparecchio, il numero di vibrazioni spettanti al suono più acuto in ottava col più basso, troveremo che questo numero è doppio dell'altro. Ripetendo l'esperienza con un'altra nota da principio, troveremo lo stesso: e così sempre, in modo che la relazione che si immaginava dovesse esistere è, così, accertata e trovata facilmente, e si può esprimere così: «due suoni sono *in ottava* quando i loro numeri di vibrazioni sono l'uno doppio dell'altro».

Questo *rapporto* esistente tra i numeri, ossia inversamente tra le durate delle vibrazioni di due suoni in ottava è caratteristico di questo *intervallo d'ottava*; intendendo per intervallo la relazione fisiologica, uditiva, che è tra due suoni di differente altezza: e così questo intervallo d'ottava si potrà dire individualizzato, e si potrà indicare, per mezzo del rapporto tra il numero di

vibrazioni del suono più alto a quello del più basso, così: $\frac{2}{1}$.

Or bene, quanto ho detto per l'ottava, si può studiare anche per gli intervalli formati da altri suoni: e la legge dei *rapporti* dice che: tutte le volte che l'udito giudica esistere tra due suoni di differente altezza, un certo medesimo intervallo, troviamo veramente che tra i numeri di vibrazioni di quei suoni esiste lo stesso rapporto; e così ogni intervallo è individualizzato da un rapporto numerico, per mezzo del quale si può indicare. Così $\frac{3}{2}$ esprime l'intervallo di *quinta*,

$\frac{5}{4}$ quello di *terza maggiore*, ecc.: e se facciamo dei dischi, per la sirena, che portino fori in due ordini, uno, per esempio, di 100 in giro, l'altro di 150, facendo passare contro ambedue contemporaneamente il getto d'aria, otterremo insieme due suoni che formano l'intervallo di *quinta*, perchè $\frac{150}{100} = \frac{3}{2}$.

Nella legge sopra enunciata è compreso anche un altro concetto, che sviscererò ora: un certo intervallo esiste tra due suoni sempre soltanto quando il rapporto tra i due corrispondenti numeri di relazione sia quello caratteristico: e, numericamente, sia quello lì, esatto. Per esempio, se noi facciamo in un disco da sirena 420 fori in un ordine di giro, e 200 in un altro, facendoli suonare insieme otterremo un intervallo, che è

misurato dal rapporto $\frac{420}{200} = \frac{21}{10}$: ora, questo rapporto è quasi il medesimo di quello dell'ottava ($\frac{400}{200} = \frac{20}{10} = \frac{2}{1}$) ma non è preciso: ebbene, la sensazione che noi riceviamo da quell'intervallo è, non d'ottava, ma d'ottava stonata, non giusta, inesatta. Cioè il senso nostro avverte che il rapporto è assai prossimo a quello che dovrebbe essere per caratterizzare l'ottava, ma che non è preciso.

Colla sirena dunque possiamo fare la sintesi degli'intervalli, cioè preparare i fori nei dischi in maniera da produrre suoni, i cui numeri rispettivi di vibrazioni stieno nel preciso rapporto voluto, oppure in un altro rapporto: e così verificare la legge; ma servendoci di altri mezzi, e generalmente si può dire con la registrazione dei suoni, si può anche compiere lo stesso studio inversamente: cioè studiare quale sia il rapporto tra i numeri di vibrazioni di suoni componenti certi intervalli giusti, ed altri intervalli, non precisi, stonati. Possiamo approfittare ugualmente di questi tre metodi di studio: il *Metodo grafico*, il *Metodo Koenig* ed il *Metodo Lissajous*.

Il confronto dei tracciati ottenuti da due diapason scriventi, i quali diano suoni di differente altezza, tra i quali corre un intervallo che noi giudichiamo, ad esempio, d'ottava, ci mostra chiaramente la relazione che esiste tra i numeri di vibrazioni spettanti ai due suoni (fig. 22): infatti vediamo che, ad ogni due vibrazioni che compie

l'uno, l'altro ne fa due: perciò si ha il rapporto $\frac{2}{1}$, caratteristico dell'ottava giusta ⁽¹⁾.

Se noi, servendoci del metodo ottico del Lissajous nella maniera che già è stata detta, fotografiamo i tracciati luminosi che successivamente otteniamo da due diapason possiamo facilmente ricavare il rapporto dell'intervallo dal loro confronto, come per quelli dati dal diapason scrivente. Volendo poi studiare un intervallo dato da

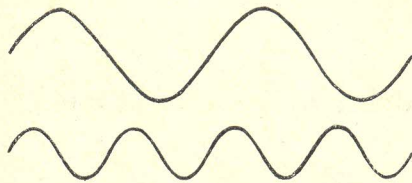


Fig. 22.

uno strumento cui non si possa comodamente applicare la punta scrivente, ci si può servire d'un apparecchio registratore come il Fonautografo, e nei tracciati ottenuti da questi contare le vibrazioni e il loro rapporto numerico.

Così pure col metodo delle Fiamme manometriche è chiaro che si può fare lo stesso studio

⁽¹⁾ Naturalmente, occorre che la velocità del cilindro rotante sia costante per ambedue i diapason, i quali del resto si posson far scrivere anche contemporaneamente al medesimo cilindro, ad altezze differenti sulla carta.

di confronto. Sullo specchio rotante possiamo avere contemporaneamente due striscie dentellate luminose, prodotte da due fiamme una sopra all'altra: e fotografando unitamente i due risultati, avremo per l'intervallo d'ottava, per esempio, una figura così (fig. 23) e contando le dentellature delle due fiamme, si ricava il rapporto $\frac{2}{1}$.

Con questi mezzi finora esposti, se il rapporto era per esempio $\frac{3}{2}$, ossia l'intervallo era di

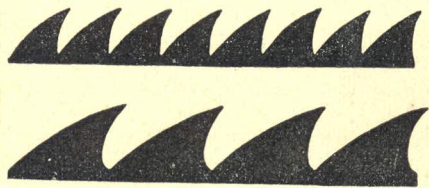


Fig. 23.

quinta precisa, intonata, potremo sempre constatare che ad ogni *due curve* d'un suono corrispondono perfettamente *tre curve* dell'altro, o ad ogni tre dentellature due: ma se l'intervallo invece fosse stato stonato, il rapporto invece che $\frac{3}{2}$ sarebbe stato, ad esempio $\frac{33}{20}$; e allora avremmo, dall'esame dei tracciati o delle fiamme, che nel medesimo spazio occupato da venti curve di

vibrazione d'un suono, ne entrano trentatre dell'altro, e solo alla trentaquattresima torna la *concorrenza di fase*.

Lo studio degli intervalli col metodo Lissajous è invece di tutt'altro genere. Si opera così: si fa cadere il sottile filo di luce, che penetra per un piccolo foro nella camera oscura, sopra un diapason lucente, il quale vibra orizzontalmente,

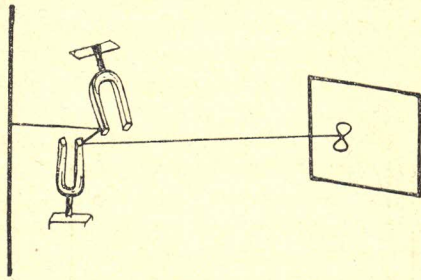


Fig. 24.

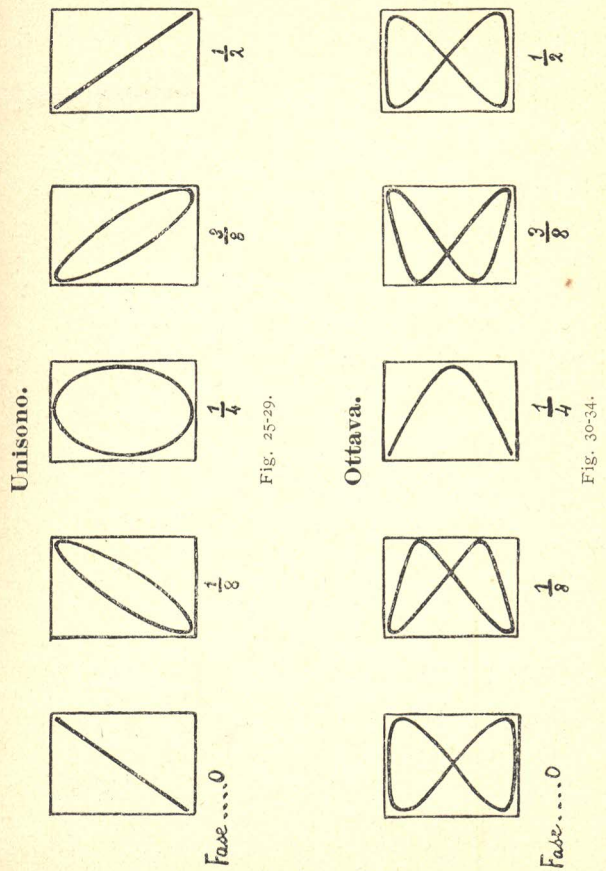
cioè è posto in posizione verticale, e compie perciò le sue oscillazioni muovendosi a destra ed a sinistra in un piano orizzontale. Il raggio che viene riflesso da questo diapason si fa cadere sopra un altro, similmente lucidato, il quale però sia orizzontale, cioè vibri in un piano verticale, compiendo le sue oscillazioni in alto e basso (figura 24). Allora il raggio riflesso da quest'ultimo diapason, accolto sopra uno schermo girante, o nuovamente da uno specchio girante riflesso sopra uno schermo fisso, non fornisce più la sinusoide del moto oscillatorio semplice; ma ci dà invece

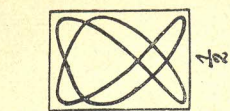
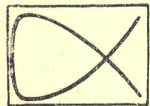
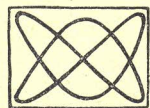
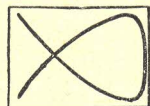
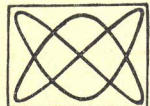
una combinazione delle due curve in moto, che ciascuno dei diapason, solo, fornirebbe: una figura caratteristica, originata dai due disegni in moto, sovrapposti combinati.

Si comprende perciò che tutte le volte che i numeri di vibrazioni dei due suoni stanno nella medesima relazione, tutte le volte cioè che i movimenti da combinare sono nella medesima relazione di lunghezza d'onda, risulta una stessa figura, uno stesso disegno. Questo, purchè i due moti vibratorii comincino sempre nel medesimo momento relativo, ossia purchè si consideri, dell'insieme dei due moti, sempre la medesima fase relativa, perchè, variando la fase, la figura, pur rimanendo essenzialmente dello stesso tipo, varia, aggirandosi, pei diversi cambiamenti, via via sempre intorno ad un disegno fondamentale; per cui ciascuna caratteristica d'un intervallo non si può confondere mai con quella d'un altro. Per esempio, due diapason che sieno perfettamente all'unisono, cioè che diano ambedue suoni esattamente uguali d'altezza se il moto vibratorio di essi comincia insieme, nello stesso istante, cioè *in concordanza di fase*, danno per disegno caratteristico dell'unisono una linea obliqua. Ma se invece cominciano il suono con un ritardo l'uno sull'altro di un ottavo di lunghezza d'onda, la

figura è un'ellisse obliqua: e ad $\frac{1}{4} \lambda$ di differenza, diviene un'ellisse giusta, per riprendere i medesimi aspetti, inversi di posizione inclinata per le variazioni seguenti, come si vede dalle figure 25-29.

Per altri intervalli le principali figure sono queste (fig. 30-34).

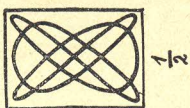
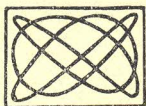
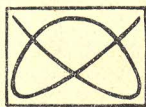
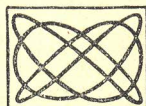
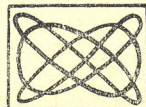


 $\frac{1}{10}$  $\frac{2}{10}$  $\frac{3}{10}$  $\frac{4}{10}$ 

Fase.... 0

Quinta.

Fig. 35-39.

 $\frac{1}{2}$  $\frac{3}{8}$  $\frac{1}{4}$  $\frac{1}{8}$ 

Fase.... 0

Quarta.

Fig. 40-44.

Da quanto ora ho detto si deduce l'uso pratico del metodo ottico del Lissajous per il riconoscimento dell'unisono perfetto, e per accordare perfettamente i diapason col Corista normale, campione che è a Parigi. Infatti, dati due diapason se il loro unisono è perfetto qualunque sia il principio dei due moti vibratorii, o in fase concorde, o con qualche ritardo, il numero di vibrazioni d'ambidue resta costante, e costante rimane pure la lunghezza d'onda: cioè la fase relativa si mantiene sempre uguale: se il principio era con ritardo di $\frac{1}{4}$ d'onda, per tutto il tempo che i due diapason continuano a vibrare, il ritardo resterà di $\frac{1}{4}$ d'onda, e la figura dal principio dell'esperienza fino in fondo sarà sempre la medesima. Ma se invece uno dei diapason fa una vibrazione più dell'altro al secondo, cioè per esempio mentre quello ne eseguisce 200 esso ne compie 201, vuol dire che tutte le sue vibrazioni avranno una durata un poco minore e una lunghezza d'onda un po' più piccola che quelle dell'altro; e perciò sempre guadagneranno sulle altre, gradatamente, di continuo: passando per le differenze di $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ ecc. d'onda, per tornare in concordanza di fase soltanto dopo preciso un secondo. Così allora, dal primo momento dell'esperienza, la figura andrà trasformandosi passando attraverso a tutte quelle differenti caratteristiche dell'uni-

sono. Il passaggio sarà tanto più inavvertibile, tanto più insensibile e più lento, quanto minore sarà la differenza d'altezza tra i due suoni.

Se questa esperienza, questa prova si fa col diapason campione e con un diapason da controllare, si ha così la certezza o che il diapason sia esattamente giusto, o no: infatti se la figura rimane ferma, il nostro corista è accordato giusto con quello normale, mentre che se la figura va cambiando vuol dire che non è giusto: e lo si modifica allora fino a che la prova non sia positiva. Con questo mezzo si possono mettere in commercio così dei veri e sicuri diapason normali, di cui ci si può fidare anche per ricerche di rigorosa esattezza.

CAPITOLO VIII.

Risonanza.

Comunemente, nel linguaggio d'uso, si suol chiamare « *risonanza* », in generale, quel rinforzo che un suono riceve dall'ambiente che lo circonda: rinforzo che varia a seconda della grandezza e della forma dell'ambiente stesso, e dei corpi che lo determinano. Ma questa non è proprio la risonanza pura che noi ora ci proponiamo di studiare: o, meglio, è un fenomeno complesso, nel quale può esser compresa anche questa vera risonanza, ma complicata da riflessioni multiple, e dal prolungamento di suono derivante da riflessioni a non grande distanza.

Invece il puro fatto fisico che veramente dà la risonanza è questo: che un corpo elastico capace di produrre colle sue vibrazioni libere un certo suono, è pronto ad entrare in vibrazione, simpaticamente, ogni volta che dal mezzo che lo circonda gli venga trasmesso, solo od accompagnato da altri, quel moto stesso che esso potrebbe dare, se oscillasse liberamente a sè.

Da questo breve enunciato del fenomeno si ri-

cavano due concetti diversi, che importa sapere: cioè, uno, quello della *risonanza* vera e propria, dell'attitudine che ha ogni corpo a vibrare quando gli sia trasmesso anche lievissimo il moto oscillatorio suo proprio; e l'altro, che si suol chiamare il « principio della scelta », secondo il quale, arrivando a quel corpo diversi moti vibratorii, esso entra in movimento per simpatia con quello suo proprio, se è contenuto tra quelli che gli giungono e non vibra invece se quel moto manca.

In fisica si suol verificare questa legge, prima che col fatto sperimentale sonoro, con un'altra esperienza, di moto oscillatorio visibile, e si procede così: si preparano tanti pendoli di lunghezza differente l'uno dall'altro, svariati: e ad una certa distanza da essi se ne pone uno accorciabile, del quale, volendo, si può modificare a piacere la lunghezza. Orbene, ciascun pendolo del gruppo preparato, se ricevesse un impulso si metterebbe ad oscillare; e, qualunque fosse la spinta, esso compierebbe oscillazioni tutte d'uguale durata: e la durata, per ciascuno, è determinata dalla lunghezza. Orbene, se il pendolo che abbiamo preso a parte lo riduciamo d'una lunghezza diversa da quella di qualunque altro, cioè lo facciamo tale, che nel gruppo nessuno ve ne sia che gli faccia riscontro, d'ugual lunghezza, e lo facciamo oscillare, i pendoli staranno fermi: o quasi assolutamente non subiranno alcuna influenza dalle oscillazioni del pendolo solo. Ma se invece aggiustiamo la lunghezza di questo in modo da farla uguale precisamente alla lunghezza d'uno qualunque tra

i pendoli del gruppo lontano, appena lo faremo oscillare, subito l'altro, il suo compagno si metterà in movimento, mentre che gli altri resteranno fermi. L'aria trasmette le oscillazioni a tutti i pendoli: ma le sente naturalmente con assai violenza quello che è suscettibile di quel preciso movimento, al quale è disposto, e che intraprende appena gliene giunga l'invito.

Per le vibrazioni sonore accade perfettamente lo stesso: l'aria trasmette le oscillazioni dell'origine sonora ai corpi diversi: e se tra questi ve n'è uno adatto a compiere quello stesso moto, entra subito in vibrazione producendo per conto suo quel suono: e rinforzando col suo il primo, originale. Il fatto si può osservare collocando ad una certa distanza due diapason uguali; allorchè se ne suona uno, tosto entra in vibrazione anche il secondo, come possiamo udire facilmente, od anche vedere se applichiamo lì un apparecchio registratore; mentre che altri diapason, d'intonazione diversa, cioè non capaci di compiere il moto vibratorio che dal primo per l'aria giunge ad essi non suonano affatto.

Questa proprietà di dare il fenomeno di risonanza è propria di tutti i corpi elastici. Così tendendo diverse corde, in maniera che esse diano tutte note differenti tra loro, producendo in qualunque maniera un suono, entrerà in vibrazione quella corda che vibrando da sè avrebbe dato quel suono stesso: nessuna, invece, se nessuna ve n'era in questa condizione.

Tutti, si può dire, hanno avuto occasione di

fare un'esperienza simile. Infatti se ad un pianoforte, preferibilmente a coda, si tiene abbassato il pedale dei suoni tenuti, il quale lascia allora le corde libere perfettamente, cantando lì presso una nota, sentiamo subito che la corrispondente corda del pianoforte vibra, cioè *risona* per la nota stessa che essa è capace di produrre, oscillando liberamente.

È interessante studiare il caso dei tubi e delle cassette che possono risonare: in generale, diremo di recipienti nei quali ciò che vibra è l'aria contenuta in essi; perchè mediante il calcolo possiamo determinare le dimensioni che deve avere una colonna d'aria che, vibrando longitudinalmente produca un certo suono. Sappiamo infatti che $\lambda = \frac{v}{N}$ cioè che la lunghezza d'onda è data dalla velocità di propagazione del suono divisa per il numero di vibrazioni del suono in questione, per esempio, per il La_3 che è quello di 435 vibrazioni al secondo, la lunghezza d'onda è

$$\text{cm. } 34000 : 435 = \text{cm. } 78,5.$$

Allora, siccome un tubo che abbia un fondo, cioè che sia chiuso da una parte, come in generale un recipiente, contiene una colonna d'aria la cui lunghezza è $\frac{1}{4}$ della lunghezza d'onda del suono che è capace di dare, risulta circa 20 cm. la lunghezza che deve avere una colonna d'aria per risonare al La_3 .

Così si possono costruire artificialmente, calcolando in questa maniera la dimensione occorrente,

delle cassette di legno prismatiche, sulle quali si montano i diapason, e che ne rinforzano tanto notevolmente, risonando, il suono che di per sé sarebbe così debole.

Per studio poi si fanno i *risonatori*, corpi cavi ciascuno dei quali risona fortemente per una sola determinata nota e che servono, come vedremo poi, per l'analisi dei suoni composti. Si sogliono costruire di due forme: o quasi cilindrici, ma un po' più stretti ad un capo che all'altro, oppure sferici, con due aperture, una piuttosto grandetta l'altra piccola, in cima a una puntina (figura 45).

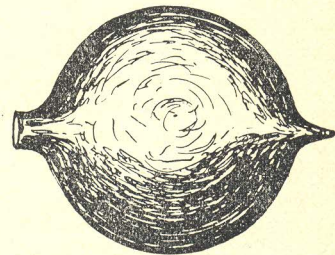


Fig. 45.

Helmholtz che inventò questi strumenti, li usò specialmente sferici.

Tenendo la puntina forata entro l'orecchio mentre una persona parla, o mentre uno strumento suona, e tenendo turato l'altro orecchio, non udremo niente; solamente, tutte le volte che tra le note della voce o dello strumento passerà quella che è propria del nostro risonatore, l'udremo molto rinforzata. Anzi, anche in mezzo a molti altri suoni e confusi, il risonatore potrà sempre avvertire la sua nota, e noi in mezzo al silenzio, sentiremo allora a un tratto un suono forte nel risonatore.

Si sono introdotti recentemente in uso i risonatori capillari: sottili filamenti, ciascuno dei quali, fissato per un estremo, si mette ad oscillare quando giungano ad essi delle vibrazioni in un certo numero, ossia un moto vibratorio d'una certa lunghezza d'onda. Così a ciascun filamento corrisponde una nota, ed anch'essi, come i risonatori d'Helmholtz posson servire all'analisi dei suoni. Solamente non riproducono sensibilmente il suono, perchè sono piccoli e lo daranno d'intensità molto debole; ma invece si può vedere benissimo il loro movimento, che si può fissare per mezzo della fotografia, onde con questo metodo sicuro e comodo si fanno ricerche di valore scientifico assoluto.

Dopo quanto si è detto a proposito della risonanza, vien naturale la domanda: se l'aria contenuta in un recipiente entra in vibrazione forte soltanto per il suono che essa darebbe vibrando da sè, e risonando rinforza quella tra tutte le note, com'è che una cassetta d'aria, come quelle del violino, del violoncello, del pianoforte, e di molti altri strumenti, rinforza quasi ugualmente un numero grandissimo di suoni, e non uno solo, quello che l'aria della cassetta produrrebbe vibrando da sè? La risposta veramente non è facile a darsi sicuramente; certo che uno strumento simile, ma di forma geometricamente semplice, non farebbe lo stesso; e che la proprietà di non risonare esclusivamente per una nota, ma rinforzarle quasi ugualmente tutte è dovuta alla forma complicata estranea, irregolare, che non un criterio

scientifico, ma solo l'esperienza di molti anni di prove e d'uso ha consigliata.

Quanto alla risonanza, è importante notare che le membrane sottili tese hanno pure la proprietà di non dare facilmente la risonanza vera, ma di entrare in vibrazione invece per un numero grandissimo di suoni: tant'è vero che, per esempio, la membrana del timpano risona per tutte le note comprese tra 16 e 36000 vibrazioni al secondo; e la membrana del fonografo fa per lo meno altrettanto.

CAPITOLO IX.

Vibrazioni stazionarie. Corde vibranti.
Suoni armonici.

Quando per imparare a conoscere la propagazione d'un moto oscillatorio abbiamo considerato l'esempio d'una fune tesa, a cui si dava una scossa, non si è tenuto conto di quello che accadeva allorchè l'onda giungeva fino il fondo, ossia il moto arrivato all'estremità fissa della fune, trovando un ostacolo, veniva riflesso secondo le leggi che ci sono note. L'onda torna indietro, sappiamo, dalla parte opposta; orbene, se noi consideriamo un seguito d'oscillazioni invece che una sola, e teniamo conto del tempo impiegato, troviamo le leggi del modo di vibrare d'una corda.

Avevamo supposto, nella passata esperienza, di dare una scossa alla fune colla mano: ma se invece applichiamo all'estremità della corda un apparecchio d'orologeria che la porti in alto e poi in basso dieci volte al secondo, avremo una corda a cui si fan compiere in un secondo dieci vibrazioni. Allora nel primo $\frac{1}{20}$ di secondo la spinta

in alto farà curvare la fune così

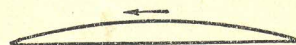


Fig. 46.

e nel ventesimo di secondo che segue si avranno due fatti da osservare, cioè che la spinta in basso curverà la corda così

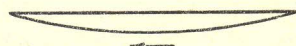


Fig. 47.

e l'onda riflessa del primo istante pure la curverà così

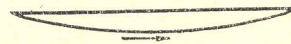


Fig. 48.

ma con propagazione in verso contrario, come indicano le frecce nelle figure. Sarà così passato un decimo di secondo e si sarà compiuta un'oscillazione completa, cioè un moto dalle due parti dell'asse. Continuando, avremo in ogni istante lo spostamento della corda, da una parte o dall'altra, per oscillazioni che si propagano magari insieme in verso contrario.

Che cosa accadrà allora della corda, che dovrebbe essere sottoposta simultaneamente a due movimenti? Che cosa accadrà ad una corda quando dovrebbe oscillare per opera di due oscillazioni contemporanee uguali, cioè in concordanza

di fase, ma che si propagano in direzione contraria?

Quando una corda è sottoposta all'azione di due moti vibratori della stessa specie, sia che la propagazione avvenga in un verso o nell'opposto essa compie un movimento che è la somma algebrica di quei due. Così generalmente due componenti danno un risultante. Nella fig. 49 si vede che le due onde rappresentate una da una curva punteggiata, l'altra da una curva piena farebbero muovere ambedue un punto qualunque della corda verso l'alto, e d'uno spostamento uguale per



Fig. 49.

tutt'e due: e il verso contrario della loro propagazione non fa niente.

Chiamando *spostamento* l'ampiezza della vibrazione si capisce che sommandosi gli effetti dei due moti, quello risultante avrà lo spostamento che risulta dalla somma algebrica dei due; somma algebrica, cioè sottrazione nel caso che uno dei due spostamenti fosse di segno contrario.

Così due onde di uguale lunghezza in concordanza di fase, si compongono dando per risultante un'onda i cui spostamenti sono la somma di quelli rispettivi; invece due onde uguali in opposizione di fase danno per risultante un'onda *zero* perchè i due spostamenti uguali e contrari si annullano. Nei casi intermedi si può ottenere il risultato sempre per somma algebrica delle ampiezze.

Ora che sappiamo che cosa accade ad una corda quando è sottoposta a due onde, torniamo ad esaminare il nostro caso di prima.

Nel primo istante la corda si curvava tutta da una parte; nel secondo si curvava dall'altra tanto per opera della seconda metà di vibrazione, quanto per l'onda prima riflessa; nel seguente, altrettanto per opera della nuova vibrazione impressa e dell'ultima onda riflessa; cosicchè *tante volte quante sono le vibrazioni* la corda si muoverà così

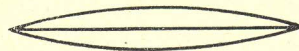


Fig. 50.

e lo spostamento si potrà contare come somma di quelli che competono alla vibrazione sola.

Siccome la scossa era data in modo che contemporaneamente tutta la fune si poneva in movimento, cioè la durata dell'oscillazione fatta compiere alla corda era quella corrispondente alla sua lunghezza, l'onda non « si propaga » ma si ripete di seguito, perchè tutta la corda si muove insieme, ed il moto non ha a comunicarsi ad altri tratti, nell'istante successivo.

L'onda che si origina così da un'onda progressiva e dalla sua riflessione, più volte ripetuta, si chiama *onda stazionaria*. Contiene, come si vede nella figura precedente, dei punti nei quali il moto ha il massimo spostamento; e dei punti dove il moto è nullo; i primi si chiamano *ventri* i secondi *nodi*.

Due nodi successivi, o due ventri, sono distanti di mezza lunghezza d'onda; invece un ventre dal suo nodo vicino dista di 1, o 3, o 5 ecc. quarti di lunghezza d'onda ⁽¹⁾.

Col sonometro, che è un comodo e semplicissimo strumento per questi studi, si vede bene il modo di vibrare delle corde. Esso consta d'una lunga tavola su cui si tendono delle corde, fissandole ad un'estremità e appendendo all'altra un peso che le tiene tese.

Per mezzo di ponticelli mobili si tengono sol-

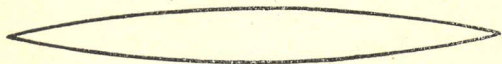


Fig. 51.

levate dal piano della tavola in modo che possano oscillare liberamente, e sopra di esse, per tutta la lunghezza, si dispongono dei pezzetti di carta con un'incisione a metà, appoggiati a cavalcioni leggermente. Allora, se freghiamo una di queste corde con un arco, la corda, liberamente si pone a vibrare nel modo che noi abbiamo detto or ora; e siccome nei due punti estremi, appoggiati sul legno della tavola, dove la corda non può muoversi, debbon trovarsi due nodi, la corda conterrà *mezza lunghezza* d'onda ed assumerà, vibrando, quest'aspetto (fig. 51). I pezzettini di

⁽¹⁾ Un numero dispari di quarti d'onda, perchè un numero pari sarebbe mezzo, o più mezza λ .

carta ci mostreranno ciò, perchè verranno lanciati via da tutta la corda, per il moto di cui essa è dotata; rimanendovi solamente quelli posti vicinissimi ai nodi, cioè alle due estremità.

Ma tra due nodi può esservene ancora uno nel mezzo, e così invece che *una*, esservi comprese più $\frac{1}{2} \lambda$.

Per attuare queste condizioni basta soffiare leggermente la corda nel suo punto di mezzo,



Fig. 52.

appoggiandovi appena un dito, senza comprimerla; si formerà allora lì un nodo, e si formeranno due ventri tra questo nodo di mezzo e i due nodi estremi. La corda, come potrà anche rivelarci l'esperienza coi pezzettini di carta, vibrerà allora in questa maniera (fig. 52). La lunghezza d'onda del suono che ora verrà prodotto è metà di quella del suono prodotto prima, cioè il suono è all'ottava superiore del precedente.

Facendo nascere un nodo ad un terzo della corda, essa vibra così (fig. 53) e il suono che si ottiene è la quinta del precedente, ossia è la quinta dell'ottava del fondamentale; e il numero delle sue vibrazioni è il triplo del primo; e se si continua a far nascere dei nuovi nodi sulla corda, ad $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ ecc. della lunghezza, si ottengono delle figure analoghe, sempre regolar-

mente suddivise; ed i suoni prodotti stanno in un rapporto ben definito col suono fondamentale



Fig. 53.

perchè i loro numeri di vibrazioni, rispetto a quello del fondamentale preso per unità, stanno ad essi come la serie dei numeri interi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ecc.

Tutte queste note che può dare così una corda si chiamano *armonici*, o si dice che costituiscono la « serie armonica » di quel certo suono fondamentale. Per il Do, per es. sono:



Fig. 54.

La formazione degli armonici ed il conseguente modo di vibrare, suddividendosi, della corda, si possono studiar bene e facilmente col sonometro chè vedremo sempre i pezzettini di carta posti a cavalcioni lungo tutta la corda ferma, esser lanciati via quand'essa vibra, e rimanerne solamente alcuni, quelli cioè che si trovano sui nodi, che in tal maniera sono sicuramente indicati.

Sappiamo che $\lambda = \frac{v}{N}$; orbene, siccome v , la

velocità di propagazione del suono, è diversa per i vari corpi, cambia cioè da una sostanza all'altra si capisce che ad una certa lunghezza d'onda per corpi differenti corrispondono differenti suoni. Perciò due corde di diverse sostanze, vibrando ambedue liberamente in modo da produrre ciascuna il proprio suono fondamentale, se sono di uguale lunghezza non danno il medesimo suono; e precisamente si è verificato che *l'altezza del suono prodotto è in ragione inversa della radice quadrata della densità della corda*; cosicchè, per esempio, una corda di densità 4 volte maggiore, darà un suono il doppio più basso, cioè darà una nota all'ottava inferiore dell'altro termine di confronto.

Invece per una medesima sostanza la velocità di propagazione è costante; ed è $v = \lambda N$; cioè se cambia λ , cambia inversamente il numero delle vibrazioni. Così, se due corde della medesima sostanza ed uguali hanno lunghezze differenti, quella più corta darà un numero maggiore di vibrazioni, cioè si potrà dire che *l'altezza del suono prodotto è in ragione inversa della lunghezza*.

Inoltre fu trovato che *l'altezza del suono prodotta è in ragione inversa del diametro della corda* cosicchè una corda grossa il doppio d'un'altra dà un suono il doppio più basso, cioè all'ottava inferiore. Ed infine *l'altezza del suono prodotto è in ragione diretta del quadrato della tensione*; cioè, tendendo una corda con un peso, e poi con un altro quadruplo, si ottiene in questo secondo caso un suono d'altezza doppia, cioè all'ottava sopra del precedente.

Queste quattro leggi che ho enunciate si sogliono verificare in fisica con facili esperienze al sonometro. Mutando la posizione del ponticello su cui s'appoggia la corda, se ne cambia la lunghezza e si studiano le variazioni del suono originato a seconda dei cambiamenti di lunghezza. Tendendo poi le corde più o meno con pesi misurati, si verifica la quarta legge: mentre che, misurando con un apposito piccolo strumento graduato il diametro di più corde, e coi metodi diversi di cui la fisica dispone, la densità, si comprovano le altre due leggi.

Le proprietà che così hanno le corde vengono tutte utilizzate negli strumenti musicali. In essi l'accordatura si fa sempre per tensione, cioè tendendo più o meno la corda finchè dia il suono richiesto.

Di più, se per esempio guardiamo un'arpa, vediamo che non vi sono due corde perfettamente uguali, ma che da principio fino alla fine dello strumento è tutta una gradazione. Infatti le corde destinate a produrre i suoni più acuti sono corte sottili, molto tese, e di piccola densità perchè sono di budello; poi le seguenti via via hanno sempre un diametro più grosso, son più lunghe, tese meno, e poi alcune vengono che hanno anche maggiore densità. Per poter aver questo, si ricorre al semplice artificio di fasciare esternamente la corda di budello con un sottile filo metallico; la corda che allora risulta, siccome il metallo è assai più pesante, ha una densità di gran lunga più forte che non il budello, ha cre-

sciuto assai nella sua densità media, e dà suoni molto più bassi che una d'uguali dimensioni, ma di budello. Nel pianoforte invece le corde sono tutte di metallo, e la gradazione da quelle dei suoni più bassi a quelle dei più alti è data dalla diversa lunghezza, grossezza e tensione. Si adoperano corde d'acciaio perchè, essendo i metalli eminentemente elastici assai più che tutti gli altri corpi, le oscillazioni durano a prodursi molto più che una corda d'acciaio eccitata nello stesso modo e colla stessa intensità che una di budello, dà un suono che si prolunga per un tempo assai più lungo che non quello dato dalla corda di budello le cui vibrazioni, per essere d'una materia non molto elastica, si smorzano e cessano assai rapidamente. Un pianoforte che avesse corde di budello non potrebbe dare che suoni corti corti, mentre che occorre averne brevi o lunghi a volontà.

Quando si vuole che sieno brevi, si batte appena il tasto; il martelletto allora colpisce la corda, su cui appoggiava un feltro, che si solleva nel momento in cui si percuote la corda e poi ricade subito sulla corda fermandone il moto; quando invece si vuol avere un suono lungo, si abbassa il pedale dei suoni tenuti, il pedale comunemente chiamato del *forte*; allora tutto il sistema dei feltri che appoggiavano sulle corde si solleva da esse, ed ogni corda continua liberamente a vibrare dando un suono alquanto lungo e duraturo.

Negli strumenti ad arco, invece, si adoperano

le corde di budello perchè per la loro densità piccola danno suoni acuti, e perchè li danno più forti e clamorosi; e siccome appunto si eccitano al moto a lungo sfregandole con l'arco, il suono dura quanto a lungo vogliamo.

In questi strumenti ad arco che posseggono generalmente quattro corde, si possono fare molte note vicine tra loro appoggiando le dita sulle corde e comprimendole sulla tavola su cui sono tese, in modo da limitare così la lunghezza della porzione vibrante; infatti al punto dove si mette il dito nasce un nodo: e la corda che vibra diviene soltanto il tratto compreso tra questo nodo e l'altro di fondo. Invece, se si appoggiano soltanto leggermente le dita a certi punti voluti (a $\frac{1}{2}$, a $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, ecc.) della corda, si ottengono i suoni armonici della nota fondamentale. Così è che possiamo da una corda produrre un numero grandissimo di note.

Le lamine vibranti si possono considerare come unioni rigide di più corde, i cui nodi vengono a trovarsi tutti su *linee* che si chiamano appunto *nodali*.

Si studia la posizione di queste mediante l'esperienza ideata da Chladni; cioè ponendo, sulla lamina, che si considera, una polvere, e facendo vibrare la lamina per mezzo d'un arco da violino. Allora, a seconda del punto per cui la lamina è fissata, ed a seconda degli altri punti (*D* nella figura), dove creiamo altri nodi, appoggiandovi un dito, la polvere, muovendosi dai ventri, s'aduna tutta sulle linee nodali, disegnando

così delle figure che si chiamano di Chladni (¹) (fig. 55-60).

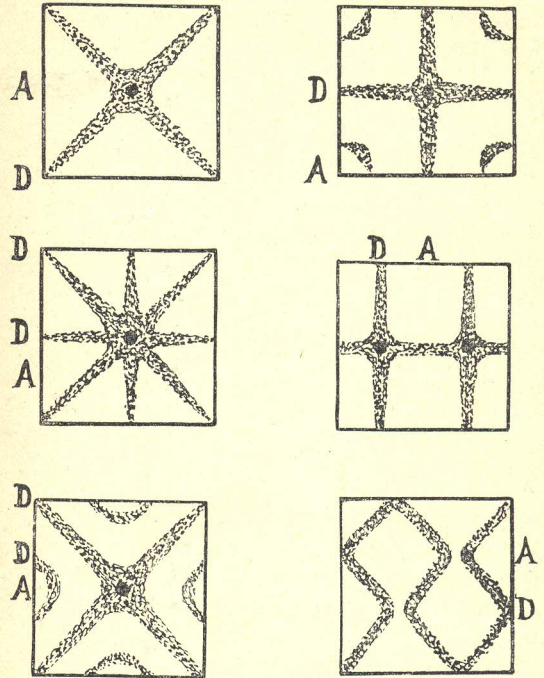


Fig. 55-60.

(¹) I punti *A* son quelli, nei quali la lamina viene eccitata con l'archetto.

Nella stessa maniera si comportano anche le membrane tese; e così in questa categoria si possono comprendere tutti gli strumenti musicali a percussione: cembali, tamburi, timpani, campane, tam tam, ecc.

CAPITOLO X.

Tubi sonori.

Si chiama *tubo sonoro* un cannello di qualunque sostanza, del quale si fa vibrare non la sostanza che lo compone, ma la colonna d'aria che contiene. Perchè quest'aria entri in vibrazione, bisogna comunicare ad essa il movimento oscillatorio: ciò che si può fare con diversi mezzi, applicando al tubo le diverse specie di *imbocature*. In seguito ci occuperemo di esse: prima studieremo il modo nel quale una colonna d'aria vibra.

La vibrazione longitudinale è un movimento nello stesso verso pel quale avviene la propagazione; per cui si hanno successive una rarefazione ed una compressione. Quando l'onda giunge alla fine della colonna, accade, come per le vibrazioni trasversali, la riflessione del moto, e dalle onde progressive numerose che si seguono, combinate con quelle riflesse, si originano onde stazionarie, simili a quelle che abbiamo vedute nelle corde. Anche qui si hanno i *nodi*, che sono i punti nei quali l'aria sta ferma, perchè da tutt'e due i lati vien compressa o si rarefa: e i *ventri*, punti nei

quali la pressione è normale, ma c'è movimento verso il prossimo nodo di compressione. Tra nodo e nodo e tra ventre e ventre, corre una, o più mezze lunghezze d'onda; tra ventre e nodo, e tra nodo e ventre, un numero dispari di quarti d'onda.

Nelle corde si poteva vedere la formazione dell'onda stazionaria, dal contegno che esse avevano al sonometro: ed anche se ne poteva realmente vedere il modo di vibrare, illuminando ad un tratto per un tempo brevissimo una corda vibrante, che aveva l'aspetto di fuso. Ma l'aria non

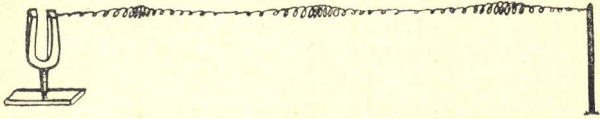


Fig. 61.

si può vedere come vibri, e bisogna ricorrere a degli artifici, oppure studiare, invece che l'aria, un altro mezzo nel quale si propagano pure onde longitudinali divenendo stazionarie.

Per esempio, si può fissare ad un capo una lunga spirale di filo metallico, e poi comunicare ad essa un moto vibratorio per l'altro capo, per esempio congiungendolo con un diapason (fig. 61). Appena questo vien fatto suonare, le sue vibrazioni si comunicano in senso longitudinale alla spirale; le onde stazionarie che così vengono a stabilirvisi si vedono dalle compressioni e rarefazioni di filo che la spirale subisce, e che si mantengono costanti di posizione finchè durano le vibrazioni.

Sono *nodi* i punti di massima compressione, *nodi* pure i punti di rarefazione massima, *ventri* invece i punti proprio a metà tra i due nodi.

Per vedere invece proprio nei tubi sonori la formazione delle onde stazionarie della colonna d'aria si può ricorrere al metodo di Chladni, o a quello di Kundt; col primo l'esperienza, facile ad eseguirsi, consiste nel calare piano e regolarmente nell'interno del tubo una specie di piattino fatto d'una membrana tesa, sospeso a tre fili, che poi si riuniscono in uno: sul piattino è della sabbia, e almeno una parete del tubo è di vetro (fig. 62). Allora quando il piattino passa per un nodo, la sabbia sta ferma, ma quando invece, calandolo, arriva ad un ventre, la sabbia salta sulla membrana, e s'agita per il movimento dell'aria.

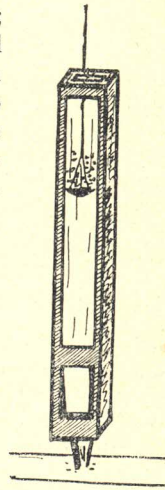


Fig. 62.

Coll'altro metodo invece, che si pratica specialmente bene nei tubi di vetro, si procede così: si cosparge l'interno del tubo con una polvere molto leggera, come per es. polvere di lycopodio; e poi, facendo suonare il tubo, si osserva la disposizione che assume la polvere da sè, e la si vede aggrupparsi regolarmente, con una specie di nuclei tutti ad uguale distanza, ed altrettanti punti puliti, scevri affatto di polvere. Quelli sono

i nodi, nei quali, poichè l'aria non si muove, la polvere si raccoglie: i punti senza polvere invece sono i ventri, nei quali essa non si può trovare perchè appunto l'aria è in movimento. Così si vede, all'incirca, un disegno come questo (fig. 63).

Dato un tubo d'una certa lunghezza, si deve poter calcolare il suono che esso dà, perchè, vibrando la sua colonna d'aria in senso longitudinale, è indifferente il diametro del tubo; e basta conoscere il modo con cui si pone in vibrazione la colonna d'aria, per ricavare il valore di N (nu-



Fig. 63.

mero di vibrazioni spettanti alla nota che si produce) dalla formula $\lambda = \frac{v}{N}$.

Prendiamo ad es. un tubo aperto dalle due estremità: siccome a questi due punti l'aria non può certo restare compressa nè dilatata perchè è a contatto con quella esterna, non vi saran certo *nodi*; ma invece, potendovi l'aria stessa muoversi liberamente, vi saranno due ventri. Allora, tra due ventri, saran contenute una, due, tre, quattro, o più mezza lunghezze d'onda: per cui il tubo produrrà, vibrando liberamente, quel suono che abbiamo già appreso a calcolare dalla formula

$N = \frac{v}{\lambda}$, essendo così λ il doppio della lunghezza

del tubo: e poi potrà produrre, formandosi altri nodi, tutti i suoni della serie armonica, pei quali si hanno i numeri di vibrazioni corrispondenti, che stanno ad N come 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, ecc.

Per ottenere gli armonici da una corda, abbiamo già detto che si pratica di sfiorarla leggermente con un dito nel punto voluto; pei tubi invece il nodo si forma da sè, forzando la corrente d'aria. Soffiando più forte, si hanno via via gli armonici superiori: specialmente nei tubi stretti. Facendo l'esperienza di Chladni, o quella di Kundt, accennate sopra, mentre si soffia sempre più forte, si può verificare che si formano sempre via via tanti altri nodi, e si ottengono le note armoniche di tutta la serie.

Quanto si è detto a proposito d'un *tubo aperto* da tutti e due i capi, cambia se il *tubo è chiuso* da una delle estremità. In questo caso infatti, mentre si forma un ventre dalla parte ove il tubo è aperto, dall'altra, cioè sul fondo, dove l'aria non può muoversi, ma può benissimo essere compressa o dilatata, si forma un nodo; e allora la lunghezza del tubo contiene un numero intero di quarti di lunghezza d'onda. Cioè quando la vibrazione della colonna d'aria avviene liberamente, non vi sono nodi intermedi tra quello del fondo ed il ventre opposto: e soltanto $\frac{1}{4}$ d'onda è contenuto nella lunghezza del tubo: per cui dalla formula $N = \frac{v}{\lambda}$ si ricava il suono prodotto mettendo per valore di λ il quadruplo della lunghezza

del tubo; ma poi, se il getto d'aria è più forte, si ottengono i suoni armonici *di posto dispari*, cioè il 3°, 5°, 7°, 9°, 11°, ecc., infatti con le solite esperienze di Kundt o di Chladni vediamo le lunghezze d'onda, per ogni armonico che si forma, diminuire e divenire $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{7}$, ecc.

Da quanto si è detto sopra è facile dedurre che per ottenere uno stesso suono un tubo chiuso deve avere una lunghezza doppia che un tubo aperto: perchè il tubo chiuso dà quel suono che ha una lunghezza d'onda *quadrupla* della propria lunghezza in centimetri; e una aperta produce la nota di lunghezza d'onda *doppia* della lunghezza sua. E questo si può facilmente verificare, sia con due tubi di quelle dimensioni precise, sia con un tubo aperto che abbia un fondo che si possa ad un tratto applicare al tubo: quando, dopo aver fatto suonare il tubo aperto, lo chiuderemo, il suono diverrà *l'ottava sotto*.

Veniamo ora a dare un cenno sul modo con cui s'imprime, alla colonna d'aria che un tubo racchiude, il moto vibratorio che origina il suono. Si fa ciò, come si è già detto, per mezzo di diverse specie di *imboccature*, di cui io nominerò ed esaminerò brevemente i tipi principali.

I. *Imboccatura a flauto*. — Consiste in un taglio, in un'incisione praticata nel tubo trasversalmente, in modo che ne risulti una fes-

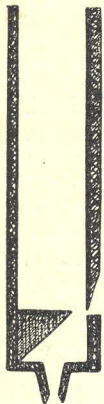


Fig. 64.

sura con un orlo tagliente. Allora l'aria, di cui vien mandato un getto, o per la pressione d'un mantice, o per quella dei polmoni, s'infrange



Fig. 65.

contro questa lama, e si originano così tanti piccoli e deboli suoni diversi, tra i quali, per il principio della scelta, e della risonanza, il tubo rinforza quello che è il suo proprio, e l'intera colonna d'aria assume il moto vibratorio. Questa imboccatura è usata nel flauto, e in molte canne d'organo (fig. 64).

II. *Imboccatura a linguetta*. — Sono di due specie: *linguette libere*, e *linguette battenti*. Le prime sono usate nelle fisarmoniche, e nell'harmonium; consistono in una laminetta metallica sottile, fissa da una estremità, e montata sopra un piccolo telaio, come mostra la figura 65, in modo che può liberamente oscillare attraverso il telaio stesso, che occupa quasi interamente, senza colpirlo. Invece le linguette battenti, pure fissate ad un'estremità (fig. 66), stanno appoggiate, per tutta la loro lunghezza, addosso ad una specie di cas-

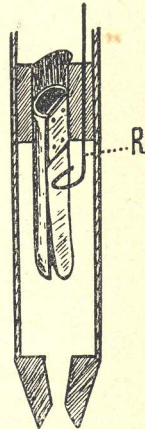


Fig. 66.

setta, di cui vengono a formare come una parete mobile; l'aria spintavi contro le fa vibrare: nel vibrare esse urtano contro l'orlo della scatola, dando perciò un suono molto aspro.

Le linguette debbono dare, ciascuna, il suono proprio del tubo a cui sono applicate; quelle *libere* si costruiscono della esatta misura; quelle battenti invece si fanno sempre un po' più grandi, e ci si serve di una rasiere *R*, come si vede nella figura, per limitarne la porzione vibrante al punto necessario. Le linguette battenti sono molto usate nelle canne d'organo.

III. *Imboccatura ad ancia*. — Se invece d'una linguetta metallica si prende una linguetta molle, si può osservare questo fatto: che se anche essa non dà preciso il suono proprio del tubo nel quale è impegnata, pure il tubo dà suono. Si interpreta questo fatto, ritenendo che la colonna d'aria reagisca sulla linguetta, come per limitarne la lunghezza in modo da farle produrre il suono che le si adatti: e questo accomodamento si verifica con un po' di cambiamento anche da parte del tubo, perchè la nota che in questo modo viene prodotta è intermedia tra quella del tubo e quella della linguetta. Perchè la colonna d'aria eserciti sulla linguetta molle la sua reazione, occorre che vi eserciti sopra una pressione: cioè, che vi si formi un *nodo*, di maniera che i tubi con linguetta molle, ossia i tubi ad *ancia* funzionano come i tubi chiusi, e forniscono perciò solamente gli armonici dispari della serie. Le ancie sono vegetali: costituiscono l'imboccatura di molti strumenti, e sono di forma

diversa: per esempio, nei clarinetti l'ancia è una lamina che sta appoggiata contro una parete del tubo, mentre che invece nell'oboe e nel fagotto le ancie sono due, affacciate, poste di contro l'una all'altra. Nella pratica di questi strumenti i labbri del suonatore limitano similmente ad una rasiere, la lunghezza dell'ancia; e cambia così anche il suono che risulta.

IV. *Imboccatura a bocchino*. — Il bocchino è una specie di piccolo imbuto metallico, contro il quale si applicano le labbra del suonatore, le quali formano come una specie d'ancia, che però è oltremodo sensibile: tanto, anzi, che perchè la colonna d'aria reagisca sopra di esse per dare il suono suo, non occorre, come per le ancie vegetali, più resistenti, una compressione, una variazione di pressione; ma basta anche un moto dell'aria quale è nei ventri: e così il tubo funziona giustamente come *tubo aperto*, dando tutti i suoni della serie armonica. Questa imboccatura è usata negli strumenti d'ottone.

Nell'organo ogni tubo serve a dare una sola nota; ma negli altri strumenti, invece, da un tubo solo si debbon poter eseguire molte note diverse; per cui, siccome quelle della serie armonica sono poco varie e soprattutto a grande distanza tra di loro, e non basterebbero nella pratica musicale, si ricorre ad artifizi mediante i quali da uno strumento a fiato si possono trarre tutte le note possibili entro certi limiti d'estensione. Per esempio, si praticano dei fori laterali che si posson tener chiusi od aprire con valvole, e che così modifi-

cano la lunghezza della colonna d'aria vibrante: oppure, sempre per mezzo di valvole, si fanno comunicare col tubo principale altri tubi più brevi, addizionali, in modo da dare origine così a note numerose.

Bisogna notare che, siccome nell'aria calda la velocità del suono è maggiore che in quella fredda, vediamo, dalla nota formola $v = \lambda N$ che, crescendo v cresce anche N , in proporzione; perciò nell'aria calda uno stesso tubo, di costante lunghezza, dà un suono più acuto, una nota d'un maggior numero di vibrazioni.

CAPITOLO XI.

Interferenza — Battimenti. Suoni di combinazione.

Due moti vibratorii, d'uguale lunghezza d'onda, e d'uguale ampiezza, combinandosi insieme danno per risultante, come si è già detto, un moto che è la somma algebrica dei due componenti: se essi sono in concordanza di fase, danno un moto di ampiezza doppia della loro: se sono invece in discordanza di fase, in fase opposta, il moto risultante è nullo, è zero. Nei casi intermedi, si avrà ampiezza maggiore o minore a seconda della fase relativa delle due onde. L'annullamento

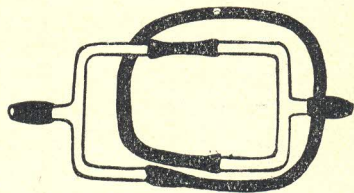


Fig. 67.

del moto, chiamato *interferenza totale*, che ha luogo quando un moto ha sull'altro un ritardo di mezza lunghezza d'onda, non può mai praticamente accadere per due suoni che si propagano in dire-

zione opposta: mentre che si può facilmente con un artificio provocare il fenomeno, per onde che si propagano nella direzione medesima. Con un apparecchio come quello della fig. 67 che serve, per esempio, per il corista normale, si fa la curiosa esperienza del suono che viene annullato: ad una dell'estremità si produce il suono: le onde si propagano ugualmente nei due rami del tubo, ma

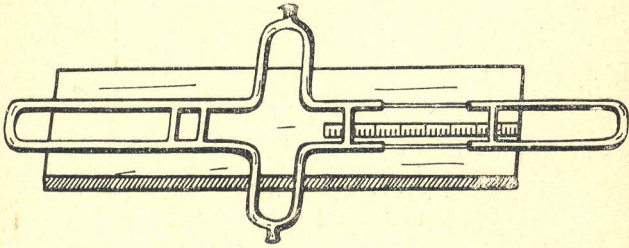


Fig. 68.

siccome il tubo di gomma è più lungo dell'altro e precisamente la differenza corrisponde a *mezza lunghezza d'onda* del suono che si sperimenta, i due moti vibratorii, che si sovrappongono quando si riuniscono nel tubo d'uscita comune, si neutralizzano, si annullano, e il suono non si può udire.

Se l'apparecchio è, invece, di quest'altra forma (fig. 68) cioè il tubo più lungo si può accorciare, e si può misurare la sua differenza dall'altro, serve a trovare sperimentalmente il valore numerico della lunghezza d'onda d'un dato suono: in-

fatti, prodotto questo, e modificando la lunghezza del tubo graduato fino a che il suono sparisca, cioè abbia luogo l'interferenza totale, si misura di quanto il tubo graduato dev'essere fatto più lungo dell'altro perchè il fenomeno sia completo: e questa lunghezza è la metà di λ . Questa esperienza, che eseguita nell'aria, può servirci a controllare, trovando λ , il valore della *velocità* di propagazione del suono, ha realmente servito per trovare questa *velocità* in molte sostanze, nelle quali sarebbe stato incomodo misurarla con altri metodi: ciò che si fa, riempiendo della sostanza in questione, liquida o gassosa, il tubo.

Una specie di interferenza — *interferenza parziale*, in questo caso — si verifica pure comunemente tutte le volte che il moto di propagazione del suono è unito ad un moto veloce di traslazione. Per esempio, un uditore, quando l'aria è calma, riceverà, da una campana distante, 100 vibrazioni al secondo; se tira vento nella direzione favorevole, la corrente d'aria spinta verso l'uditore farà sì che giunga a lui, in un secondo, una maggior quantità di aria vibrante, cioè un numero di vibrazioni maggiore del giusto. Se il vento avesse spirato in verso contrario, l'effetto sarebbe pure stato l'opposto: cioè nel primo caso il suono che giunge all'orecchio è più alto di quello realmente prodotto dalla campana; nel secondo caso è più basso.

Un fatto simile è facilissimo verificare per il fischio del treno, o pel suono d'una cornetta di automobile. Finchè il veicolo s'avvicina a noi,

cioè finchè il moto è in direzione verso di noi, ci giunge un suono più alto del vero; appena esso ci è passato davanti, il suono abbassa rapidamente, e di tanto più, quanto più grande è la velocità della corsa.

Un genere tutto speciale di fenomeno d'interferenza, e che è tanto importante che bisogna trattarne distintamente a parte, è quello dei *battimenti*. Ha origine quando si combinano insieme due moti vibratorii di lunghezza d'onda quasi uguale, ma non perfettamente: cioè quando le vi-



Fig. 69.

brazioni di due suoni contemporaneamente prodotti hanno le une una durata di pochissimo differente da quella delle altre. Supponiamo, per esempio, che due di tali moti comincino in *discordanza di fase* (fig. 69) come è indicato nella figura: il risultato sarà un moto nullo. Ma siccome uno dei moti vibratorii ha lunghezza d'onda minore, esso, subito dopo un istante, si sarà avvantaggiato sull'altro: ed arriverà un momento, in cui saranno in *concordanza di fase*, perchè quello avrà anticipato una *mezza lunghezza d'onda*. Naturalmente nei punti intermedi tra il primo e questo, l'ampiezza dell'onda risultante gradatamente cresceva; ed ora, da questo punto, comincia a diminuire per divenire uguale a quella

che era da principio, cioè nulla, allorchè i due moti saranno tornati in *fase discorde*, cioè quando la distanza sarà di *una lunghezza d'onda*.

Così l'onda risultante dalla composizione dei due suoni non ha un'ampiezza costante: ma ha un massimo ed un minimo ad ogni lunghezza d'onda che uno dei moti guadagna sull'altro; cioè ad ogni vibrazione di più che un suono ha dell'altro. All'udito poi, si può dire che due suoni quasi perfettamente uguali danno la sensazione d'un suono solo, poco chiaro, e provvisto di rinforzi ed indebolimenti successivi. I rinforzi, che ci sono notevoli come appoggi di suono, quasi come colpi in mezzo alla nota, sono appunto detti *battimenti*. Se sono piuttosto radi li distinguiamo bene, e ne riceviamo la sensazione come d'un rullo: se sono molti non li avvertiamo più, ma la qualità della sensazione cambia.

Si può provare questo con due canne da organo chiuse, una delle quali ha però il fondo mobile. Si comincia l'esperienza facendo i due tubi di lunghezza perfettamente uguale, e si hanno due note perfettamente identiche, che udite insieme, danno la sensazione dell'unisono giusto. Allora, muovendo un poco il fondo della canna a lunghezza variabile, stabiliamo tra i due tubi una piccola differenza, e cominciamo a sentire, nell'unisono, dei colpi, dei momenti di forte intensità, alternati con momenti di suono debole. Aumentando la differenza, cresce il numero dei colpi, e il rullo da essi fornito può divenire anche fitto assai: e la sensazione è sempre meno grata; fin-

chè, quando i battimenti sono più di un certo numero, circa 25 al secondo, noi non siamo più capaci di distinguerli in mezzo al suono; a questo punto noi notiamo invece due note distinte, che formano tra loro un intervallo che non sodisfa l'orecchio, e si chiama perciò *dissonante*. Fu detto perciò essere la dissonanza una sensazione discontinua, intermittente, come un seguito di fitte scosse sonore.

I battimenti sono tanti in un secondo, quant'è, in un secondo, la differenza tra i numeri di vibrazioni dei due suoni; per esempio, due note, una di 162 vibrazioni al secondo e l'altra di 170, suonate insieme producono otto battimenti per secondo. Siccome si sentono benissimo, specialmente tra suoni prolungati, ci si serve di loro per accordare le diverse canne d'un organo, le tre corde d'ogni nota del pianoforte: infatti si modifica la lunghezza del tubo, o la tensione delle corde, finchè non si abbia più alcun battimento, nel qual caso l'unisono è perfetto.

Le campane danno quasi sempre battimenti, perchè, per quanto accuratamente sia stato fuso il bronzo, esse non risultano mai perfettamente omogenee; e se, per esempio, c'è un punto, una specie di regione dove la densità è un po' diversa, questo darà un suono leggermente differente da quello che produce il resto della campana; e nascono così i battimenti che caratterizzano quelle note a ondate, come a scosse, che sono proprie delle campane.

Un uso moderato e limitato di battimenti si fa

anche in musica. Infatti essi originano come un'ondulazione d'intensità, che in una certa misura è piacevole, anzi, siccome ricorda per una certa somiglianza il tremolio naturale d'una voce commossa, ha un effetto commovente. Bisogna però che i battimenti siano pochi, lenti. Li praticano così i suonatori degli strumenti ad arco nel « vibrato » che eseguono muovendo rapidamente il dito appoggiato sulla corda, in modo da cambiarne rapidamente e fitto fitto la lunghezza, ma di pochissimo: in questa maniera vengono prodotti successivamente suoni di poco differenti, anzi, quasi perfettamente uguali; brevi e fitti, tra i quali, come se fossero continuati, perchè le onde trasmesse all'aria non si estinguono subito, nascono i battimenti.

Anche un registro dell'organo è fondato sull'uso dei battimenti: quello della « voce umana », nel quale ogni nota vien suonata da due tubi, inesattamente uguali, che danno perciò un suono provvisto di battimenti.

Mediante la registrazione, oppure col metodo ottico di Lissajous possiamo ottenere il tracciato dell'onda risultante da due moti simili, ed osservare in questo disegno la presenza ed anche il numero dei battimenti. Se affumichiamo una delle faccie d'un ramo d'un diapason, e sopra di essa facciamo appoggiare la puntina portata da un altro diapason vibrante insieme, il secondo scrive sull'altro un tracciato di questa forma (fig. 70), dove l'andamento del fenomeno è facile a seguirsi: infatti vediamo che vi sono punti di mas-

sima ampiezza, i quali corrispondono alla somma dei movimenti quando sono in fase concorde; e da questi gradatamente si passa a punti d'ampiezza nulla, corrispondenti alla interferenza dei due moti vibratorii in opposizione di fase. Anche se in una camera oscura facciamo cadere un raggio sottilissimo di luce sopra un diapason, e da questo lo facciamo riflettere sopra un altro, che vibri nello stesso modo, otteniamo un tracciato uguale al precedente.

Si collega strettamente col fenomeno dei batti-

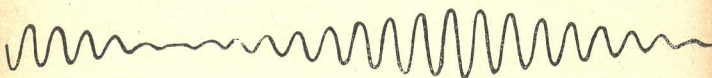


Fig. 70.

menti la scoperta del Sorge⁽¹⁾ e del Tartini⁽²⁾, dei *suoni di differenza*. Di questi suoni si può dare la teoria col calcolo; ma noi ci limiteremo a constatarne la formazione ed a considerarli sperimentalmente. Per farcene un'idea, si può dire che, mentre noi siamo capaci di distinguere come rinforzi periodici, quasi come colpi in mezzo al suono, i battimenti quando sono in numero minore di 25 circa per secondo, allorchè invece superano questa frequenza noi non li percepiamo più, ma invece la sensazione loro si converte nella

⁽¹⁾ Organista tedesco.

⁽²⁾ Violinista italiano.

sensazione d'un suono nuovo; è come se, tra i punti di massimo moto considerati come culmine di curva, e i punti di minimo, considerati come punti di spostamento zero, si originasse una nuova onda; la quale verrebbe così ad avere tante vibrazioni quanti sono i battimenti, cioè quant'è la differenza tra i numeri di vibrazioni dei due suoni. Per esempio, tra due note, l'una di 110 e l'altra di 150 vibrazioni per secondo, si hanno 40 battimenti, che noi non udiamo come tali, ma che ci danno invece la sensazione di un nuovo suono, di 40 vibrazioni, suono che appunto si dice *di differenza*.

Un orecchio esercitato ode benissimo questi suoni, specialmente in alcuni casi: ma anche quando è difficile percepirli ad orecchio nudo, possiamo constatarne l'esistenza servendoci dei risonatori di Helmholtz, che li rinforzano assai e li fanno udire anche se molto deboli.

Oltre a questi importanti suoni di *differenza*, che hanno origine da due suoni, le cui onde si combinano, vi son altri suoni di combinazione: come quelli — dei quali però non si può dare la teoria — scoperti dall'Helmholtz, che sarebbero prodotti da numeri di vibrazioni uguali alla somma di quelli dei due suoni componenti, e che perciò si chiamano *suoni d'addizione*; ed infine, quelli più recentemente scoperti da Oettingen, dati dal prodotto dei numeri di vibrazioni delle due note tra loro, e che perciò sono detti *suoni di moltiplicazione*. Ma tanto questi che i precedenti cadono spesso tra quelli della serie armonica d'una

delle due note, e poi, ciò che più importa, non sono molto notevolmente sensibili: mentre che i differenziali, su cui è fondata una teoria della dissonanza e consonanza, son assai forti e non sempre, anzi, quasi mai, sono più acuti neppur di una delle due note.

CAPITOLO XII.

Del timbro.

Due suoni possono esser tra loro perfettamente all'unisono ed avere esattamente la stessa intensità, ma avere un certo carattere diverso, per il quale siamo capaci di distinguerli sicuramente l'uno dall'altro. Esiste perciò, oltre all'altezza ed alla intensità, che sole finora abbiamo studiate, un'altra caratteristica dei suoni: ed è la qualità, la voce, il *metallo* o *timbro* dei suoni. Per tali qualità differiscono le note stesse quando sono prodotte da strumenti diversi: per cui noi distinguiamo bene lo stesso Do eseguito da un violoncello, o da un'arpa, o da un oboe, o da una voce umana.

Così questa proprietà è indipendente dalle cause fisiche che modificano l'intensità e l'altezza, cioè è indipendente dall'ampiezza e dalla durata delle vibrazioni: dipende invece dalla loro forma.

Si è già detto che un pendolo oscillante sempre nel medesimo piano, che compia cioè *oscillazioni semplici* dà, facendolo scrivere, il tracciato d'una *curva periodica semplice* che si chiama *sinusoide*:

18
18
44
8
45
28
19
44
45
26
24
22
52
6
50
22
21
27
10
8
8
8
8
0
0
9

e che tale curva dà pure un diapason scrivente, del quale perciò possiamo dire che anch'esso compie oscillazioni semplici. Ma se noi osserviamo invece il tracciato che dà un violino per lo stesso La_3 del corista normale, troviamo che, mentre la lunghezza d'onda è perfettamente la stessa, costante, come deve essere perchè il moto sia vibratorio, periodico, la forma della curva non è punto regolare; ma è frastagliata, sinuata, con dentellature diverse, irregolare insomma; e se le vibrazioni del diapason, che davano la sinusoide, erano *semplici*, nelle quali si può immaginare una sinusoide continuamente alterata, sono composte.

E questo si può dimostrare, mediante una costruzione grafica non difficile. Prendiamo la sinusoide che rappresenta un certo suono, e quella che rappresenta la sua ottava alta; sovrapponiamole, in concordanza di fase, e costruiamo la loro risultante, facendo la somma degli spostamenti nei vari punti delle curve; otterremo così una curva, la più grossa nel disegno seguente (fig. 71) che ha la medesima lunghezza d'onda di quella del suono più basso, cioè ha la lunghezza d'onda maggiore delle due componenti; ma che non ha più la forma semplice, regolare della sinusoide: perchè l'onda di minor lunghezza ha influito sulla forma, aumentando lo spostamento, tanto al disopra che al disotto, per la prima metà d'ogni mezza curva, e diminuendolo nella successiva. Così, in effetto, quando si compongono due suoni, si ha un'onda risultante di lunghezza uguale

a quella del suono più basso, e che perciò dà la sensazione di questo: ma la forma viene modificata dal suono più alto.

Allora l'orecchio nostro riceve la sensazione del suono più basso, ma con *timbro* diverso, a seconda della modificazione della forma dell'onda: che è quanto dire a *seconda dei suoni che accompagnano il fondamentale*, come si chiama il più basso.

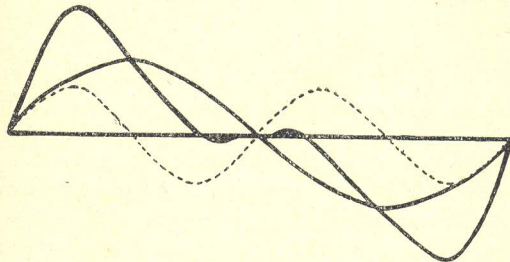


Fig. 71.

Se invece che con la nota all'ottava si fosse operata la combinazione con la nota alla quinta superiore, la forma risultante sarebbe stata diversa: con altre note, differente ancora; con più note, ancora differente e più complessa: e sempre tanto più complicata quanto maggior numero di *suoni parziali* si combinano col fondamentale semplice ad alterarne l'onda, ed il timbro cambia.

Quello che abbiamo detto si può anche ripetere facendo il cammino inverso: cioè, prendendo i tracciati dei suoni dei più svariati strumenti e delle forme più irregolari possiamo sempre, come

c'insegna la matematica, ridurre la loro curva a tante curve semplici, a tante sinusoidi di differente lunghezza d'onda, alla cui sovrapposizione essa era dovuta; perchè *qualunque curva periodica* di qualunque forma, anche della apparentemente più irregolare, si può sempre decomporre in tante curve semplici. Così, nel caso nostro, qualunque suono, anche del timbro più complesso, è sempre un aggregato di più suoni, dei quali noi sentiamo il più basso.

Lo studio del timbro si riduce quindi ad uno studio della forma della vibrazione e alla decomposizione della sua curva in tante semplici. Compiendo quest'operazione con rigore matematico, troveremo *sempre* che qualunque curva la più complicata e la più irregolare appartenente ad un suono d'un certo timbro si decompone nella sinusoide di una nota che è quella che noi udiamo, ed è la più bassa tra le componenti, e si chiama fondamentale; ed in altre diverse che sono suoni appartenenti alla serie armonica di quella.

Perciò dunque si può affermare che la diversità di timbro tra due suoni dipende dal fatto che uno di essi è accompagnato da certi armonici, e l'altro da altri, oppure dagli stessi, ma con qualcheuno di più o di meno.

Questo si può, oltrechè studiare mediante gli apparati registratori del suono, decomponendo geometricamente i tracciati nelle curve semplici componenti, verificare sperimentalmente mediante apparecchi che si chiamano *analizzatori* dei suoni composti, per opera dei quali lo studio pratico

del timbro in relazione con la sua causa fisica è facile ed evidente.

Gli analizzatori sono tutti fondati sulla risonanza e specialmente sul principio della scelta, secondo il quale, come sappiamo, quando ad un corpo arriva, solo od accompagnato da altri, il moto vibratorio che esso liberamente è capace di compiere, esso entra in vibrazione, e così il suono primitivo viene rinforzato da questo prodotto dal corpo.

Ora, nel caso dei *suoni parziali*, degli armonici che, non distinguibili ad orecchio nudo, accompagnano la nota fondamentale modificandone il timbro, i risonatori, per es. quelli di Helmholtz, possono rinforzare ciascuno, colle proprie vibrazioni, uno di quei suoni componenti e renderli così sensibili. Perchè quando il volume d'aria del risonatore, il quale è capace di un certo moto vibratorio, giunge l'onda complicata prodotta da un suono composto, se nella curva propria di questa è un piccolo rilievo, un'ondeggiatura che rivela la presenza di quella nota propria del risonatore, questo sentirà, nel moto che gli giunge, questa presenza e prenderà a vibrare, secondando quella vibrazione contenuta nell'onda complessa che corrispondeva ad uno degli armonici del suono fondamentale.

Se abbiamo un corista che dà il Do_2 , nota la cui serie armonica è la seguente: Do_3 , Sol_3 , Do_4 , Mi_4 , Sol_4 , $La\#_4$, Do_5 , Re_5 , Mi_5 , ecc. e mentre il corista suona portiamo successivamente all'orecchio i risonatori corrispondenti a ciascuna di quelle note,

non udiamo mai, per nessuna, il rinforzo caratteristico del suono. Ma se invece il Do_2 era prodotto non da un diapason, ma da un violoncello, per esempio, allora molti risonatori portati all'orecchio suoneranno chiaramente, perchè molti armonici saranno contenuti nella nota del violoncello insieme al Do_2 fondamentale.

Più comodo che usare successivamente i risonatori all'orecchio è adoperare lo strumento analizzatore ideato e costruito da Koenig. È formato da tanti risonatori, a ciascuno dei quali è innestato, alla puntina forata, un tubo che conduce ad una cassula manometrica. Allora, prodotto un certo suono composto, tutti quei risonatori che corrisponderanno ad un suono parziale contenuto in quello, vibreranno; e l'aria vibrante trasmetterà il moto alla membrana della cassula, per la quale si comunicherà al gas illuminante ed alla fiammella. Allora, in un unico specchio girante che rifletteva, finchè era silenzio, tante strisce luminose, vedremo alcune dentellate; e sapendo a qual risonatore corrisponde ogni fiamma si ha un mezzo comodo ed evidente di riconoscere le note singole componenti un suono non semplice.

Un altro ottimo apparecchio è quello, recentemente introdotto nell'uso, degli analizzatori capillari; sopra una membrana tesa è montata un'astrella che porta tanti sottili filamenti, o meglio, come si pratica ora, dei sottilissimi tubi capillari di vetro, di differenti lunghezze, in modo che ciascuno di essi sia capace e pronto ad entrare in vibrazione per una certa nota. Allora, conoscendo

la nota d'ognuno, si ha un sistema di risonatori pronto e sensibilissimo: e quando alla membrana del tubo su cui sta l'albero che regge i piccoli tubi, giunge un suono composto, entrano in vibrazione quelli che trovano nell'onda complessa la loro nota: e (fig. 72) si vede bene il loro moto, perchè producono l'aspetto di ciuffo che si può anche fermare per mezzo della fotografia.

Con questi diversi mezzi si sono analizzati i suoni prodotti dai vari strumenti, e confrontando i risultati dell'analisi, con l'impressione uditiva del timbro, si impara: che quando un suono è dato da una nota fondamentale accompagnata soltanto dai primi due, o tutt'al più tre armonici, è di timbro largo, pastoso, morbido, non penetrante; se invece la nota fondamentale ha con sé sei o sette armonici, la qualità del suono è piena, rotonda, bella e nutrita; se invece prevalgono gli armonici più alti e mancano i primi, il timbro è clamoroso, penetrante, ma un po' stridulo e ingrato. Il suono semplice invece è di timbro vuoto, sordo. Tale il diapason, tale il flauto in certe note basse: la voce di que-

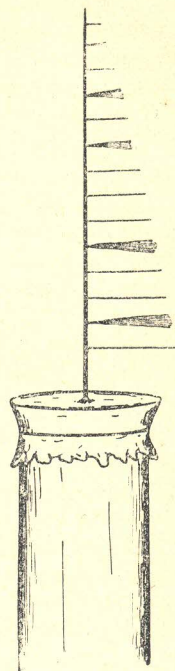


Fig. 72.

sti strumenti si suol dire di poco corpo. Bello, sonoro, rotondo, invece, è il timbro del violoncello, quello della voce umana: ogni nota infatti ha seco un buon numero d'armonici. Aspro, forte, stridulo è nelle note alte della tromba, le quali portano gli armonici superiori in prevalenza.

Osserveremo ora brevemente come in pratica gli strumenti possano produrre note di timbro diverso. Anzitutto negli strumenti a corda esso cambia a seconda del modo e del punto d'eccitazione della corda: chè infatti, pizzicando una corda, si ottiene dallo strumento una voce differente da quella che si ottiene invece sfregandola con un arco. Ma, quello che più interessa, la corda assume una forma di moto diversa a seconda del punto nel quale viene eccitata. Infatti se, ad esempio, noi imprimiamo il moto alla corda tirando l'arco precisamente a metà, la corda assume la forma di fuso, come noi sappiamo, perchè muovendola in quel punto vi si forma un ventre. Da questa ultima osservazione deriva la interessante *legge di Young*, la quale si può estendere anche al caso delle note armoniche che accompagnano, combinate, la nota fondamentale di un suono composto. La legge di Young è questa: «eccitando la corda ad un certo punto della sua lunghezza, non si ottiene più l'armonico per la formazione del quale quel punto avrebbe dovuto essere un nodo»; e, nel caso d'ora, si può anche enunciare così: nel suono prodotto da una corda mancano quei suoni parziali della serie armonica, alla formazione dei quali sarebbe occorsa l'esistenza di un nodo nel punto dove la corda viene eccitata.

Si capisce allora come il violino, per esempio, abbia grande varietà possibile di timbri: perchè suonando una corda a *metà precisa*, mancano, nel suono che si produce, tutti gli armonici che avrebbero un nodo in quel punto, cioè, della serie, i numeri 2, 4, 6, 8, 10, 12 ecc.: rimangono soli perciò quelli dispari. Invece, suonando *sulla tastiera*, cioè quasi alla fine di questa, ciò che corrisponde ad *un quarto* di lunghezza della corda, vengono a mancare gli armonici 4° ed 8°, ed il suono, privato anche qui d'uno dei primi armonici, è debole. Suonando invece circa a metà tra la fine della tastiera ed il ponticello, come si fa abitualmente, la corda viene eccitata circa ad *un ottavo* della sua lunghezza: si possono perciò formar tutti i primi sette armonici, la presenza dei quali dà timbro pieno, rotondo, sonoro. Più vicino al ponticello, per esempio a *un dodicesimo* di corda, si han tutti i primi *undici* armonici: e la presenza di quelli più acuti conferisce al suono un timbro aspro, stridulo, che diviene quasi sibilante se l'arco passa proprio sul ponticello: formandosi così tutti gli armonici possibili.

Nel pianoforte, dove i martelletti battono la corda sempre al medesimo punto, non si può ottenere questa varietà di timbri; ma, dovendosi aver sempre il medesimo, è stato scelto il migliore; perciò le corde vengon colpite ad un settimo della loro lunghezza: così si formano i primi sei armonici che danno un timbro bello, sonoro, pieno e non si forma il settimo che, come vedremo poi, è dissonante cogli altri e perciò rende un po' sgradevole il timbro.

Gli strumenti d'ottone generalmente producono suoni accompagnati dagli armonici più acuti e quindi di timbro aspro, stridulo; ma questo può venir modificato mutando la forma del tubo sonoro. Infatti nell'aria la formazione o no degli armonici diversi dipende dal modo con cui essa può vibrare, cioè dalla forma del corpo che la racchiude, che la limita: ossia la forma della colonna d'aria influisce sulla forma di vibrazione, cioè sul timbro del suono. Così i tubi cilindrici con imboccatura a bocchino danno suoni aspri, clamorosi, striduli come si può sentire dalle trombe diritte; se invece il tubo va gradatamente allargandosi dall'imboccatura al padiglione, ossia se il suo diametro cresce lievemente dal principio alla fine del tubo, il timbro si fa più dolce, meno aspro perchè, come ci insegna l'analisi, oltre agli armonici acuti, compariscono nel suono composto alcuni tra gli armonici più bassi. Questo si verifica, per esempio, nei bassi tuba, nei saxofoni ed in altri strumenti con tubo leggermente conico.

Influiscono sul timbro anche i rumori che si formano nell'eccitamento del corpo sonoro o all'imboccatura, od al punto di sfregamento o di colpo, ecc. Per esempio, l'asprezza dei suoni prodotti dai tubi a linguetta battente è dovuta al rumore che fa la linguetta urtando contro l'orlo; così pure lo sfregamento dell'arco sulle corde dà un rumore che può esser sensibile e che modifica la qualità del suono.

CAPITOLO XIII.

La voce umana.

Lo strumento che può produrre i suoni più diversi è la *laringe* umana, nella quale si forma la voce, che ha timbri svariati, e delle più numerose sfumature. E non solo: oltrechè una laringe può dare i suoni di timbro il più differente tra loro, non si trovano in natura due laringi, che diano timbri uguali perfettamente.

Per provare che la laringe ha appunto la facoltà di produrre suoni svariati, di timbro diverso, basta fare questa semplice esperienza: cantare una nota pronunziando le diverse vocali, successivamente, e le diverse sfumature intermedie tra le vocali, e poi cantare le medesime vocali più nasalmente, poi più apertamente, poi tutte come precedute dall'*h* aspirata, poi gutturali, ecc.; quanti suoni di timbro diverso udiremo, prodotti dalla laringe sulla stessa nota!

Di tutti gli strumenti musicali il modo di funzionare è conosciuto; ma di questo, che è il più diffuso, che è il più utile, generalmente non si conosce non solo il meccanismo, ma neppure la

struttura e la forma; forse perchè è situato fuori della vista, nascosto. Non sarà perciò inutile spendervi intorno qualche parola.

La laringe, che nell'uomo è alquanto più grande e sviluppata che nella donna, è una specie d'imbuto posto nella parte anteriore del collo; attaccata superiormente all'osso *ioide*, che si trova alla base della lingua; ed innestata inferiormente nella trachea, tubo respiratorio, che ad un certo punto si biforca nei bronchi, i quali si diramano nei polmoni.

Questa specie d'imbuto è formato di cartilagini mobili, che possono cambiare la loro posizione reciproca, per l'azione di appositi muscoli. La prima cartilagine, cominciando dal basso, si innesta nella trachea; essa è chiamata *cricoide*, ed ha la forma di una fascia circolare più alta di dietro che davanti, come un colletto. Appunto sopra questa parte posteriore, più alta, della cartilagine cricoide stanno innestate due cartilagini piccole, ma importantissime, le *aritenoidi*, una a destra ed una a sinistra; ciascuna delle quali porta un piccolo prolungamento, chiamato *apofisi vocale*. Le aritenoidi, tutt'e due, hanno una mobilità grandissima. Sopra la cricoide è un'altra grande cartilagine, la *tiroide*, formata da due grandi placche laterali, che si ricongiungono soltanto sul davanti, a formare uno spigolo in rilievo, come una specie di costola d'un libro; rilievo, che è noto sotto il nome di *pomo d'Adamo*, ed è assai più sviluppato nell'uomo che nella donna. La tiroide s'attacca all'osso *ioide*; e così, tenendo

appoggiato un dito sul pomo d'Adamo mentre s'inghiotte, si sente il moto che è costretta a fare la laringe.

Dalla parte anteriore della tiroide alle apofisi vocali, stanno tese due membrane, due ligamenti fibrosi, che sono la parte più interessante di tutto l'apparato: le *corde vocali*. Al disopra di queste si trovano altre due ripiegature della membrana, ossia altri due ligamenti, alquanto meno elastici dei precedenti, e che vengono chiamati *false corde vocali*.

Quando le aritenoidi vengono accostate l'una all'altra, con esse si muovon parimenti anche le apofisi, e di conseguenza le corde vocali, che a queste ultime sono attaccate, si tendono, e vengono avvicinate; al contrario, se le aritenoidi vengono allontanate l'una dall'altra, si discostano anche le corde vocali, diminuendo anche la loro tensione. Lo spazio che rimane tra le corde vocali quando non si toccano in tutta la lunghezza è una fessura che a seconda di quei moti sopra accennati può essere più o meno larga, e viene chiamata *glottide*.

Siccome i cibi, quando noi li inghiottiamo, debbono passare dalla *faringe* o *retrobocca* nel tubo digestivo, l'*esofago*, il quale vi è aperto, potrebbe accadere che invece essi entrassero nella laringe, e, per la glottide, nella trachea; mentre questo tubo respiratorio non vuole sostanze solide nè liquide: per impedire questa intrusione esiste una specie di coperchio, di valvola, che tappa, cuoprendola, la glottide, al momento che

noi inghiottiamo. È una cartilagine linguiforme, che si chiama *epiglottide*; nei bambini, che non hanno ancora la sicurezza nell'uso di questa valvola, è frequente il caso che, non avendola chiusa a tempo, un po' di sostanza solida o liquida del cibo, passi per la glottide nella trachea; allora nasce una tosse riflessa che ha lo scopo di cacciar via il corpo estraneo dal tubo respiratorio.

Tutti sanno che i movimenti del nostro corpo sono sempre operati per mezzo di muscoli; e così anche nella laringe, naturalmente, ve ne sono diversi innestati tra una cartilagine e un'altra, o tra una cartilagine ed un osso; e per le loro contrazioni e i loro rilasciamenti si compiono i vari moti che sono necessari per porre la laringe nelle condizioni in cui si può formare il suono.

Nello stato di riposo, quando respiriamo senza emettere voce, la laringe è mantenuta in forma costante per opera specialmente dei muscoli crico-aritenoidei laterali e posteriori, i quali tengono tirate in basso le aritenoidi, in modo che si sollevano invece le apofisi vocali discostandosi l'una dall'altra, e le corde vocali pure si allontanano tra di loro, lasciando ben aperta e larga la glottide.

Se, quando la laringe è in questa condizione, i muscoli polmonari contraendosi mandano fuori, attraverso ad essa, una forte corrente d'aria, questa passa liberamente attraverso la larga fessura della glottide, senza produrre alcun suono; e questo accade comunemente nell'espiazione muta.

Ma quando invece si vuol produrre il suono,

noi modifichiamo la forma della laringe, cambiando la posizione reciproca delle diverse cartilagini, e quanto facciamo, per quanto veloce ed immediato, va distinto come eseguito in due momenti. Nel primo momento si pongono in azione i muscoli antagonisti di quelli nominati prima; cioè muscoli chiamati tiro-aritenoidei interni ed esterni, e aritenoidei obliqui e trasversali. La contrazione di questi muscoli muove in avanti le cartilagini aritenoidi in modo che le apofisi vocali si accostano, e così le corde vocali si tendono e si avvicinano, restringendo la glottide. Dopo questo moto preparatorio, necessario avanti la produzione del suono, per quanto inavvertito, la corrente d'aria spinta dai polmoni per la trachea arriva, di sotto, alla glottide, e vi produce il suono.

Come accada questo, nel secondo momento, quale sia realmente il meccanismo di produzione della voce, non è ancora accertato, e vi sono tuttora due opinioni contrarie. Secondo l'una, l'aria, giungendo con forza contro le corde vocali e non trovando che lo stretto passaggio della glottide, metterebbe in vibrazione le corde vocali: infatti tendendole di più, si ottiene suono più acuto, tendendole meno, suono più grave, e limitandone ad un tratto assai più breve la porzione vibrante si ha un suono acutissimo. E che le corde vocali probabilmente vibrino, si può indurre anche dalla loro struttura istologica: infatti sono ricche di certe caratteristiche fibre striate che si ritrovano sempre e solamente negli organi destinati a moti

18
18
44
8
45
28
19
44
45
26
24
22
52
6
50
22
21
27
10
28
28
8
28
10
10
9
4
5
8
8
15
5
5
2
2
2

velocissimi: ossia sono capaci d'entrare in vibrazione. Invece, secondo l'altra teoria, che ora è più comunemente adottata, la corrente d'aria arrivando con forza alla glottide farebbe entrare in vibrazione le corde vocali, ma appena; chè subito la colonna d'aria si metterebbe a vibrare, nel modo suo proprio, esercitando la sua azione sulle corde vocali stesse, come sopra un'ancia. Così quel che darebbe suono sarebbe quasi esclusivamente il vibrare della colonna d'aria che ha per base la glottide, e la nota sarebbe determinata appunto dalle dimensioni di questa colonna d'aria. La tensione maggiore o minore delle corde, allora, sarebbe da considerare invece sotto un altro aspetto: cioè per la forma e le dimensioni della glottide che cambiano quando le corde vengono tese più o meno.

Ma la questione non è ancora risolta.

Allorchè la laringe, per i movimenti che noi possiamo far compiere alle sue cartilagini, ha assunto una certa forma, noi, senza cambiar questa, non possiamo produrre che un limitato numero di suoni, i quali vengono prodotti secondo un medesimo meccanismo e che si chiamano compresi nello stesso *registro*. Per avere altri suoni, o più bassi, o più alti, bisogna cambiare la posizione reciproca delle cartilagini della laringe; allora essa prende una forma diversa, e si può ottenere un'altra serie di note. Come cambi la forma della glottide in questi *cambiamenti di registro* si può studiare in maniera molto chiara e comodamente per mezzo del *laringoscopio*, stru-

mento che consta essenzialmente d'uno specchio che si colloca in posizione conveniente nella retrobocca, in modo da vedervi riflessa la laringe, contro la quale intanto si proietta della luce.

Il cambiamento di registro avviene di solito assai sensibilmente, ed è avvertibile; cosa che costituirebbe un difetto in un cantante, il quale deve procurare di ovviarle per mezzo di un apposito studio. I registri sono comunemente tre:

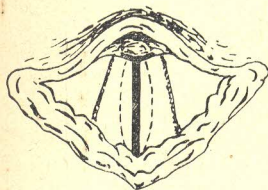


Fig. 73.

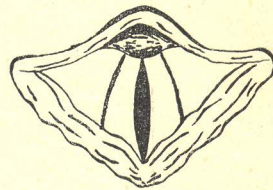


Fig. 74.

I, II e III, che falsamente si sogliono chiamare *registro di petto, medio e di testa*.

Osservata al laringoscopio durante l'emissione di voce del I registro, la laringe ci si presenta così (fig. 73). La glottide è rettilinea, ma non è mai molto stretta, neppure nei suoni più acuti di questo registro; le corde vocali sono accostate più che nel riposo, e tese, ma non molto. Producendo note sempre più alte, a un certo punto la glottide cambia forma; muta il registro. La glottide (fig. 74) da rettilinea diviene ellittica, e tutta in generale la laringe s'arrotonda un poco. Dopo, avviene un altro cambiamento determinante

una nuova forma e così un terzo registro. La glottide (fig. 75) sarà in parte chiusa completamente, e in parte aperta, larga assai più di prima; ossia la lunghezza della fessura sarà cambiata, riducendosi ad un tratto piccolo, ma assai largo, mentre che un altro tratto, e precisamente da parte di dietro, si chiude combaciando perfettamente le corde vocali.

Così ogni laringe può dare un gran numero di

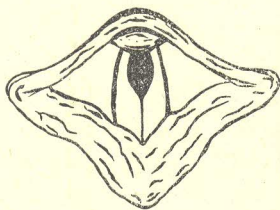


Fig. 75.

suoni di differente altezza, i cui limiti variano da persona a persona, e nella medesima persona col'età. A seconda della *estensione* loro, cioè appunto dei limiti d'altezza tra i suoni prodotti, si classificano le voci in sei categorie: tre di voci femminili, e tre di maschili:

Voce di Basso

» » Baritono

» » Tenore

Voce di Contralto

» » Mezzo soprano

» » Soprano

Le estensioni relative ad esse sono le seguenti:



Fig. 76-81.

Il timbro della voce cambia col variare della forma e della grandezza delle cavità di risonanza per le quali il suono si trasmette prima di giungere all'esterno; ossia, a seconda della forma e delle dimensioni della bocca, delle cavità nasali, della faringe o retrobocca, e di alcuni punti della laringe.

Immediatamente al disopra delle corde vocali si trovano infatti due piccoli vani, chiamati *ventricoli del Morgani*, la forma dei quali cambia a seconda dei moti laringei, in maniera che, per i suoni più acuti, essi non si adattano a risonare, e il timbro perde la loro influenza.

Quanto alle cavità della faringe, delle fosse nasali e della bocca, che formano un insieme alquanto complesso, basta un piccolissimo, quasi impercettibile, movimento della lingua, o del pa-

lato molle, perchè le relazioni geometriche di queste cavità vengano mutate assai notevolmente per cui le variazioni di timbro che ne derivano sono moltissime. Appunto perchè nessun altro strumento può cambiare in questa maniera la forma delle cavità dell'aria vibrante, non c'è strumento che abbia una ricchezza di sfumature di timbro come l'ha la laringe.

Oltrechè la voce può aver diversi timbri, come per esempio « aperto » « nasale » « gutturale » ecc. bisogna sapere anche che non è possibile a una laringe emettere un suono senza che questo « *pronunzi* » una vocale. Così la vocale è come un abito necessario del suono che dà la laringe.

Nella lingua italiana i suoni vocali sono cinque: a, e, i, o, u, ma in altre lingue, per es, il francese, il tedesco, ecc., sono ammessi regolarmente anche certi altri timbri intermedi, benissimo distinguibili. Naturalmente, dopo quanto si è detto riguardo alle cause determinanti il timbro della voce, ad ogni vocale corrisponde una caratteristica forma e posizione delle cavità risonatrici; tantochè se cantiamo successivamente due vocali ci accorgiamo tosto che ci è necessario, per cantare la seconda, compiere qualche movimento della bocca, della lingua, o della gola, senza il quale non potremo emettere che la vocale prima cominciata.

Con accurate investigazioni si è studiata e si è potuta abilmente riprodurre con modelli in cera la forma che assumono le cavità della faringe, del naso e della bocca, nell'emissione di ciascuna

vocale, e anche si è di queste analizzato il timbro con quegli apparecchi diversi che sono stati descritti nel capitolo precedente. E si è trovato che cantando *U* si ha la nota fondamentale forte, e il III armonico assai pronunziato;

cantando *O* la nota fondamentale è forte, il II armonico fortissimo, il III e IV sono leggeri;

cantando *A* la nota fondamentale è abbastanza forte, il II armonico è debole, il III forte, il IV debole;

cantando *E* la nota fondamentale è debole, il II armonico è forte, il III debole, il IV fortissimo, il V debole;

cantando *I* son deboli tutti i primi suoni, e sono forti il IV, V e VI armonico.

Ogni vocale, poi, preferisce, per così dire, di venir cantata sopra una certa nota; cioè, quando la si pronunzia naturalmente, essa sceglie quella che si chiama la sua *nota caratteristica*. Le note caratteristiche per le nostre vocali sarebbero:

secondo Koenig, per *A* $si\ b_4$, *E* $si\ b_5$, *I* $si\ b_6$, *O* $si\ b_3$, *U* $si\ b_2$;

secondo altri, per *A* $si\ b_4$, *E* $si\ b_5$, *I* re_6 , *O* $si\ b_3$, *U* $si\ b_2$.

I tracciati che si ottengono registrando un suono vocale, e ancora meglio le fiamme manometriche osservate mentre che si pronunziano le vocali al tubo della cassula di Koenig, mostrano che mentre l'*I* e l'*U* danno vibrazioni tutte uguali tra loro e non suddivise, le altre sono come composte da aggruppamenti di quelle vibrazioni dell'*I* e dell'*U*

prese come elementi; di tre gruppi consterebbe l'A, di due l'E e l'I, di modo che si avrebbe per conseguenza questa classificazione delle vocali:

- semplici* U ed I di un elemento;
- composte* O ed E di due elementi;
- complessa* A di tre elementi.

Questa struttura delle onde corrispondenti alle vocali, come anche la presenza degli armonici diversi in ciascuna di esse, si possono mostrare con esperienze sintetiche interessantissime. L'Helmholtz, per esempio, costruendo dei tubi, uno dei quali produceva il $si b_6$, ed insieme a questa nota debole perchè il tubo era stretto, dava anche il IV, V, VI armonico, e un altro che, invece, produceva il $si b_3$, e l'armonico II ben chiaro, e poi appena il III e IV, otteneva che il primo *pronunziasse* quasi I e quest'ultimo O.

Il Marage, invece, costruendo dei dischi per la sirena di Cagnard, coi fori variamente aggruppati, come debbon essere per ogni vocale, e facendoli poi girare con la velocità voluta per ottenere la nota caratteristica di ciascuna di esse, aveva pure le vocali suonate.

Invece che dischi da sirena più recentemente il Marage stesso ha adottati dei dischi coi bordi verticalmente frastagliati a dentellature esattamente identiche a quelle che, per ogni vocale, assumono le fiamme di Koenig; facendo frangere contro quest'orlo, mentre il disco ruota, un getto d'aria, si ottengono pure le vocali.

A migliorare ancora il risultato, prima di udire

il suono si faceva passare, per un tubo, attraverso a una specie di modello delle cavità boccale, nasale e faringea, costruito per ciascuna vocale appositamente secondo le osservazioni sperimentali: la vocale già prodotta, passando per le cavità risonanti appositamente disposte per essa, veniva rinforzata e resa anche più chiara.

Le consonanti non sono *suoni*, ma *rumori* che la corrente d'aria spinta nella bocca forma appunto contro di essa: sia tra i denti e la lingua, sia contro il palato, ecc.

Quando poi si parla sottovoce, allora il suono non si forma affatto; la laringe è nella posizione normale di riposo, con la glottide larga e le corde vocali lontane e lente; l'aria passa perciò per la fessura senza dar suono; ma l'attrito prodotto lungo il cammino e specialmente all'arrivo nella bocca dà un rumore leggero che noi possiamo modificare a piacer nostro, e che basta per esser udito. Naturalmente, conformando la bocca come per le vocali cantate, il lieve rumore acquista il timbro proprio di esse; e gettando l'aria come si fa per le consonanti, si ottengono anche queste; ed è così che è possibile pronunziare abbastanza distintamente anche senza suono, e tenendo affatto in riposo la laringe.

CAPITOLO XIV.

L'orecchio umano.

Affinchè il moto vibratorio suscitato in un corpo sonoro divenga *suono*, occorre che, trasmesso per onde nell'aria fino a noi, venga comunicato al nostro organo auditivo, nel quale le vibrazioni si trasmettono prima per corpi solidi, e poi per liquidi, fino ad arrivare a impressionare le terminazioni del *nervo acustico*.

L'orecchio si suol suddividere, per lo studio, in tre parti: esterno, medio ed interno.

L'*orecchio esterno* comprende anzitutto il *padiglione*, che è quello che nell'uso comune del linguaggio si chiama, senz'altro, orecchio, e fa parte del disegno della testa: esso ha l'ufficio di raccogliere una discreta porzione di superficie d'onda che da esso viene mandata nell'interno. A questo scopo bisogna riconoscere che sono assai più adatti e capaci i padiglioni auricolari di molte bestie, primo fra tutte l'asino, che li ha così sviluppati.

Altra funzione importante del padiglione è quella di dare il senso della direzione da cui proviene

il suono, come si può facilmente provare, comprimendosi, e spiaccicando il padiglione contro la testa, e cercando di giudicare da quale direzione un suono provenga; sarà invano, perchè il padiglione non potrà adempiere al suo ufficio. Inoltre qualunque suono che ci pervenga per un'altra via che non per esso, ci dà la sensazione d'un suono interno, e la direzione non ne la possiamo attribuire. Anche a questo riguardo molte bestie han vantaggio su noi: per esempio, i cavalli, i cani, i cui padiglioni godono d'una grande mobilità per la quale essi li orientano nella direzione del suono, percependo così meglio questa, e raccogliendo in tal modo una porzione maggiore di superficie d'onda.

Dal padiglione, che ha un foro nel mezzo, parte un tubo, il *condotto uditivo*, chiuso in fondo dalla membrana del *timpano*. Questa membrana, che segna il limite tra l'orecchio esterno e il medio, è d'uno spessore assai piccolo, quanto un foglio di carta da sigarette; ed è posta, nel canale, con una inclinazione di 45° sull'asse.

L'*orecchio medio*, chiamato anche *cassa del timpano*, è una scatola ossea con tre fori chiusi da tre membrane: il timpano da una parte, e dall'altra due, una delle quali è la *membrana* che chiude un foro detto *finestra ovale*, e l'altra similmente collocata su la *finestra rotonda*. In basso poi, c'è un altro condotto, la *tromba d'Eustachio*, che fa comunicare la cassa del timpano con la retrobocca, o faringe, ed ha lo scopo, a quanto sembra, di mantenere nell'orecchio interno la medesima pressione d'aria che è esternamente.

struttura, per studiare invece come funzioni tutto l'organo uditivo.

Quando il moto vibratorio d'un corpo si propaga nell'aria e giunge a noi, il padiglione raccoglie, per così dire, quella porzione di superficie d'onda, che le sue dimensioni comportano; e per il condotto uditivo il moto si trasmette alla membrana

del timpano che entra in vibrazione.

Allora per il movimento del timpano anche la catena degli ossicini è costretta a vibrare; e la staffa, che appoggia sulla membrana della finestra ovale, ad ogni moto in dentro del timpano trasmette una compressione a quella membrana; ad ogni spostamento in fuori, in dietro, del timpano, la staffa pure

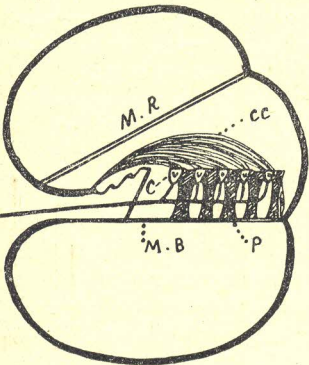


Fig. 83.

ritrae un po' la membrana ovale, diminuendo la pressione sull'endolinfa. Questo liquido, a cui la staffa imprime, per mezzo della membrana ovale, le vibrazioni, le trasmette per tutto l'orecchio interno fino alla membrana basilare. Allora, muovendosi in basso la membrana basilare, le cellule del Corti vengono tirate più o meno dalle ciglia che sono fisse all'altro estremo; e muovendosi in alto, vengono invece lasciate libere; cosicchè,

in fondo, queste cellule funzionano press'a poco come quelle tattili, per un eccitamento simile.

Quanto maggiore era l'intensità del suono, tanto maggior moto acquisterà, per le compressioni e rarefazioni dell'endolinfa, la membrana basilare; e così tanto più forte sarà la stratta che riceveranno le cellule del Corti: così, come per sensazioni tattili, ad un eccitamento più violento corrisponderà la sensazione d'intensità maggiore.

E, come per il tatto, se noi riceviamo un contatto estremamente leggero da un corpo, non siamo capaci di giudicarlo, e neppure talvolta lo avvertiamo⁽¹⁾, così per il suono: quando il moto vibratorio è molto debole, la membrana basilare compie un moto piccolissimo, e le cellule del Corti vengono tirate con una forza estremamente lieve, e pianissimo, ed il nervo acustico non ne riceve eccitamento.

Se poi noi abbiamo sulla pelle un colpo forte, le cellule tattili non funzionano per un eccitamento di tale violenza: noi avremo il dolore, ma non la sensazione tattile; e così accade anche per l'udito: un suono estremamente forte *sbalordisce*, togliendo la facoltà uditiva; e la sensazione sonora non ha luogo.

Così, continuando il paragone, se sullo stesso punto della pelle ci tocchiamo con una punta

(¹) Per esempio, neppure sulle parti più sensibili del nostro corpo, noi sentiamo i contatti che continuamente ci dà e ci toglie il pulviscolo atmosferico.

Così, riguardo alla questione or ora esposta, l'orecchio si può dire che materialmente compie *sempre* la funzione analitica su tutti i suoni composti, ossia scinde nelle componenti qualunque onda composta che le giunga: sia essa formata da note di diversi strumenti, oppure da una nota con alcuni suoi armonici: funzionando in tutti i casi, meccanicamente, nella stessa maniera, come farebbe un apparecchio analizzatore.

Ma è legge generale della nostra psicologia, che per quanto gli organi di senso sieno capaci e adatti a darci certe sensazioni da essi provate, noi non ne riceviamo impressione, se non quando esse hanno rapporto diretto con quanto ci è utile e necessario di conoscere; per esempio, sappiamo benissimo che se noi guardiamo un certo oggetto, noi vediamo semplice soltanto quello, che fissiamo: tutti i punti situati ad un'altra distanza *l'occhio nostro* li vede doppi; ma noi abitualmente non ce ne accorgiamo, non abbiamo quest'impressione, perchè non ci serve.

Così l'orecchio, dell'analisi che compie, non ci avverte che per quanto è necessario; decompone, per esempio, un suono composto in una nota fondamentale e nei suoi armonici; ma non ce ne dà l'impressione, perchè non ci interessa, tanto siamo avvezzi a trovare uniti questi suoni, sapere se le note componenti sono la 1^a, 4^a, 5^a e 6^a della serie armonica, oppure la 1^a, 3^a, 4^a e 7^a; ma ci interessa e ci serve sapere se i due suoni sono uguali, o se uno è di un violino e l'altro d'una voce; e basta che, invece delle singole sensazioni

dei differenti suoni, che ci disturberebbero per la complessità dell'impressione, ne riceviamo un'impressione generale qualitativa, quella di timbro. Questo si può verificare con la seguente esperienza: si prendono tanti diapason che diano i suoni: Do₁, Do₂, Sol₂, Do₃, Mi₃, Sol₃, Do₄, e li facciamo suonare insieme: se udiamo senza preoccupazione, noi riceviamo l'impressione di un Do₁ di un timbro assai ricco, e sonoro; ma se invece pensiamo che deve essere in quel suono, contenuto il Mi₃, possiamo riuscire ad isolarne la sensazione. Ma se a quei diapason ne aggiungiamo un altro, che dia il Mi₂, ecco che questa nota, non appartenente alla serie armonica, turba quell'ordine naturale, pel quale l'analisi compiuta dall'organo uditivo non ci era fatta nota: e distintamente percepiamo tutti i suoni dei diapason diversi.

Ma diciamo qualche cosa intorno alla teoria dell'Helmholtz: egli aveva supposto che gli archi del Corti fossero altrettanti risonatori, ognuno dei quali entrasse in vibrazione per un certo determinato suono; allora l'organo del Corti, complessivamente, avrebbe funzionato come, per esempio, l'apparecchio analizzatore del Koenig, formato da un'estesissima serie di risonatori, ciascuno dei quali, invece che ad una fiamma manometrica, conduce ad una terminazione nervosa. Giungendo all'orecchio un suono composto, entrerebbero in moto tutti quegli archi la cui nota propria vi fosse contenuta: e solamente quelli.

Ora invece si sa che le vibrazioni compiute dalla membrana basilare sono insieme compiute

anche da tutti i pilastri che vi son sopra; e questi non formano degli archi veramente individualizzati, ma piuttosto sommariamente un'arcata, di struttura intima irregolare; non si può perciò ammettere che funzionino da risonatori gli archi, che dovrebbero in tal caso avere ciascuno una forma ed una dimensione definita bene. Inoltre, mentre dalla nascita in poi l'individuo cresce e si sviluppa in tutte le parti del corpo, sarebbe stato necessario che quei pilastri mantenessero, per tutta la vita dell'uomo, le precisissime dimensioni; e poi, come potevano risonare per moti vibratorii di lunghezze d'onda così estesamente differenti, come quelli che da 16 arrivano a circa 36.000 vibrazioni al secondo, degli organi, che, dal più grande al più piccolo, sono così poco diversi di grandezza?

Infine, se questo meccanismo dell'audizione fosse stato il vero, sarebbe stato invero assai strano ed eccezionale: chè infatti nessun altro senso ha un organo analitico, per quanto tutti possano operare delle analisi: nessun'altra sensazione accade per una specie così strana di suddivisioni in tante sensazioni separate; e per quanto possibile, questa ipotesi aveva per certo un aspetto assai eccezionale.

La facoltà di percepire suoni molto bassi e molto alti, come pure molto forti e molto deboli, in una parola la *sensibilità uditiva* è diversa nelle varie persone. Alcune non distinguono i suoni inferiori a quelli di circa 40 vibrazioni al secondo; non odono altro che una specie di confuso rullo,

di brontolio più somigliante a rumore che a suono; altre invece, e sono più frequenti, non arrivano a percepire suoni molto alti: per esempio, le note che produce una certa specie di grilli, e che la maggior parte della gente ode benissimo. Del resto, vi sono altri insetti che posseggono apparati sonori simili a quelli del grillo, e che certamente l'usano, senza che nessuno arrivi a sentire le note che producono, tanto sono acute. Praticamente per mostrare la differenza di sensibilità per questi suoni altissimi, si fa quest'esperienza: si usa una ruota dentata fittissima, a velocità sempre crescente: varie persone cesseranno di udire il suono, chi più presto, e chi più tardi: finchè nessuno potrà udire più. Oppure si adoperano piccolissimi tubi di vetro, stretti, nei quali si inietta un getto d'aria mediante una peretta di gomma: si ottiene un suono acutissimo, noto col nome di *fischio di Galton*; e con diversi tubi sempre più piccoli si può verificare la varia sensibilità delle persone.

C'è poi chi non ha sensibilità, altro che grossolana, per il giudizio sull'intonazione: cioè non avverte i piccoli intervalli: perfino il semitono. Ma questa mancanza di una facoltà uditiva così importante è assai rara; ed anche se ce n'è un principio, si può di molto migliorare l'udito con l'esercizio musicale, e con la retta ed accurata educazione dell'orecchio.

CAPITOLO XV.

Intervalli consonanti.

Due suoni differenti d'altezza formano tra loro un intervallo, che è misurato, e si esprime, per mezzo del rapporto tra il numero delle vibrazioni del suono più alto, e quello del più basso. Ora, se si producono coppie di suoni le più svariate, ed in numero grandissimo, ascoltandole potremo verificare che tutti gli intervalli si possono aggruppare in due grandi categorie: l'una, a cui riferire tutti quelli che danno una sensazione facile, piacevole, chiara, che soddisfa il nostro senso: l'altra, cui appartengono tutti gli altri, che danno invece una sensazione poco decisa, vaga, che non soddisfa l'udito, ma lascia anzi il desiderio d'un seguito.

Gli intervalli della prima specie si chiamano *consonanti*, quelli della seconda *dissonanti*.

Mentre che la teoria musicale studia e considera questi diversi intervalli per l'uso pratico che se ne deve fare, è compito dell'acustica investigare se la diversità della sensazione, e magari il differente carattere estetico delle due categorie

degli intervalli trovino, come è naturale supporre, la loro ragion d'essere, la loro causa, in qualche caratteristico fatto fisico che le distingua tra loro.

Non bisogna credere che, perchè gli intervalli si misurano e si indicano mediante rapporti tra i numeri di vibrazioni dei due suoni che li compongono, noi ne percepiamo davvero tale relazione numerica, quando ascoltiamo un intervallo; abbiamo già detto, trattando del meccanismo dell'audizione, che i suoni agiscono sul senso uditivo per la durata, per l'intensità e per la forma delle vibrazioni; e sappiamo che, quando si producono insieme due suoni, le ondulazioni da essi propagate nell'aria si combinano tra loro, ed a noi giunge l'onda risultante, dalla forma della quale noi siamo edotti dai suoni componenti. Ma non è che proprio calcoliamo il rapporto numerico che è caratteristico di ciascun intervallo, ciò che implicherebbe l'intervento dell'intelletto, mentre che è stato dimostrato che esso è affatto estraneo alla percezione di cui si tratta; invece del rapporto vero e proprio, noi veniamo ad averne un'indiretta cognizione, dalla forma dell'onda risultante dalla combinazione dei due suoni simultanei.

Tutte le volte che due vibrazioni si compongono, ne risulta una terza che ha la lunghezza d'onda di quella maggiore; ma la forma modificata così: che l'ampiezze rispettive delle due vibrazioni componenti, continuamente sono sommate algebricamente: cioè la curva che risulta possiede tanti rilievi, quante sono le *coincidenze*

18
18
44
8
45
28
19
44
45
26
24
22
2
6
0
2
1
7
0
E
E
E

tra le vibrazioni. Per esempio, nell'unisone tutte le vibrazioni d'una nota coincidono con quelle dell'altra, perchè sono in numeri uguali. Nell'ottava, che è $\frac{1}{2}$, ad ogni due vibrazioni del suono

più alto si ha una coincidenza con una del più basso: ad ogni coincidenza che ha luogo, le ampiezze delle due vibrazioni sono nello stesso verso, e perciò sommandosi danno nella curva un rialzo; e l'apparato uditivo nostro, che avverte la forma dell'onde sonore che gli giungono, sentirà appunto questi diversi rialzi nella curva, e per essi ci potrà dare la sensazione dell'intervallo, cioè della relazione che corre tra i due suoni.

Se osserviamo diversi intervalli, vediamo che in alcuni queste coincidenze sono molte, ed allora l'onda contiene dei rialzi di curva assai fitti; mentre che in altri queste coincidenze sono alquanto rade, ed i rialzi nell'onda risultante sono lontani l'uno dall'altro.

Per es.:

- nell'unisone: si ha 1 coincidenza su ogni vibrazione del suono più alto;
- nell'ottava: si ha 1 coincidenza su ogni 2 vibrazioni del suono più alto;
- nella quinta: si ha 1 coincidenza su ogni 3 vibrazioni del suono più alto;
- nella quarta: si ha 1 coincidenza su ogni 4 vibrazioni del suono più alto;
- nella terza maggiore: si ha 1 coincidenza su ogni 5 vibrazioni del suono più alto;
- nella sesta maggiore: si ha 1 coincidenza su ogni 5 vibrazioni del suono più alto;

nella terza minore: si ha 1 coincidenza su ogni 6 vibrazioni del suono più alto;

nella sesta minore: si ha 1 coincidenza su ogni 8 vibrazioni del suono più alto.

Per renderci conto in certo modo della diversità di sensazione che ci dà un intervallo con molte coincidenze, od uno con poche, basta confrontare le sensazioni visive che riceviamo da questi due disegni: (fig. 84). Il primo corrisponde all'ottava; è un disegno facile a percepirsi, chiaro,

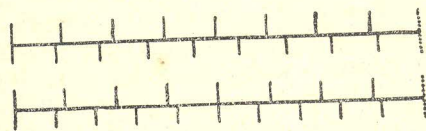


Fig. 84.

piano; il secondo, che invece corrisponde alla seconda maggiore, è difficile ad afferrarsi: ne abbiamo una sensazione così poco chiara, che non sapremmo ripetere quel disegno; e l'occhio perciò non ne è soddisfatto. Chè anzi se, dopo veduto quel disegno, noi vedessimo subito quello dell'unisone, il senso visivo sarebbe pienamente soddisfatto di ciò: ed il passaggio del disegno irregolare e confuso di prima a quello evidente e regolarissimo di poi, corrisponderebbe perfettamente al passaggio che si effettua da una dissonanza ad una consonanza. (Risoluzione delle dissonanze al disegno più prossimo regolare).

Si capisce che tra il numero di coincidenze

che si afferrano facilmente e quelle che non si afferrano non esiste un limite netto, assoluto; ma invece la distinzione è arbitraria e dipende dall'educazione dell'orecchio, dall'abitudine. Cioè la quinta, per esempio, che ha un rapporto così semplice, e che ha coincidenze così fitte (una su tre) che il disegno è chiarissimo, è certamente consonante; ma un intervallo, per esempio, come la sesta minore, ha un rapporto, tra le vibrazioni, non più tanto limpido ed evidente, perchè si ha soltanto una coincidenza su 8; ebbene, è consonante, o no? Come si vede, si può tanto ritenere di sì che di no: dipende dalla pratica che ha il nostro orecchio, cioè, in fine dei conti, dall'evoluzione della musica: tantochè, se seguiamo lo sviluppo dell'arte nel tempo, vediamo che i primi intervalli accettati, come consonanti, furon l'unisono e l'ottava; poi la quinta, indi la quarta, e la terza maggiore; poi, la sesta maggiore, infine, tardi, non prima del secolo XVIII, la terza minore e la sesta minore.

Siccome le coincidenze sono per così dire indicate, comprese nel rapporto tra i numeri di vibrazioni dei due suoni che compongono l'intervallo, è stata formulata, a proposito della consonanza, la cosiddetta *legge dei rapporti semplici*, cioè: sono consonanti quegli intervalli, che sono espressi da rapporti semplici, costituiti cioè da cifre semplici; e quanto più semplice è il rapporto, tanto più perfetta è la consonanza. Ma anche *rapporti semplici* non si può dire quali sieno, e quali no; cioè il limite tra rapporti

espressi in cifre semplici e rapporti non più tali è arbitrario. L'ultimo numero che si ammette è il 5; di più sono accettati il 4 e l'8, multipli del due, il 6, multiplo del tre e del due; del cinque nessun multiplo. Sono perciò consonanti:

l'unisono $\frac{1}{1}$, l'ottava $\frac{2}{1}$, la quinta $\frac{3}{2}$, la quarta $\frac{4}{3}$, la terza maggiore $\frac{5}{4}$, la sesta maggiore $\frac{5}{3}$, la terza minore $\frac{6}{5}$ e la sesta minore $\frac{8}{5}$. Altri rapporti non si formano, con questi numeri, che non indichino questi stessi intervalli, trasportati o no fuori dell'ottava ⁽¹⁾.

Ma la teoria dei rapporti semplici non ci dice se sia più consonante l'intervallo $\frac{5}{4}$ o $\frac{5}{3}$; perchè se il primo è formato da due numeri più alti, il secondo è formato da due numeri primi. Si decide invece subito questo, se consideriamo tutti gl'intervalli musicali come forniti dai suoni della serie armonica.

Le note armoniche, riferite alla fondamentale 1, sono le seguenti:

Do	Do	Sol	Do	Mi	Sol	(La #)	Do	Re	Mi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	(Fa #)	Sol	(Sol #)	(La #)	Si	Do			
	11	12	13	14	15	16			

Ora, se rammentiamo, come si è accennato sopra, che si riferiscono gli intervalli entro un'ottava, e che perciò l'intervallo $\frac{4}{1}$, per es. non è

⁽¹⁾ Per es. $\frac{5}{2}$ è un intervallo $Do_2 Mi_3$, mentre $\frac{5}{4}$ è $Do_2 Mi_2$.

altro che il $\frac{2}{1}$, portato un'ottava più distante, e così il $\frac{10}{4}$ è il $\frac{5}{4}$ aumentato d'un'ottava, possiamo facilmente vedere come dalle note della serie armonica si possano trarre gl'intervalli consonanti già detti: il suono 1 infatti forma con sè stesso il primo intervallo, l'unisono ($\frac{1}{1}$). Il 2 col primo dà l'ottava $\frac{2}{1}$, e con sè stesso l'unisono, come tutti gli altri. Il 3 dà col 2 la quinta; ($\frac{3}{2}$) e col 1 dà pure una quinta $\frac{3}{1}$, aumentata di un intervallo d'ottava. Il 4 dà doppia ottava col 1, ottava col 2, e quarta col 3; il 5 dà tripla terza col 1, doppia col 2, e terza col 4. E così via via.

Ma, giunti al 7° armonico, troviamo un suono che non è giusto: non è infatti un Si b , che darebbe, colla nota precedente, una terza minore: perchè col Sol b l'intervallo formato è $\frac{7}{6}$ e non $\frac{6}{5}$ come dovrebbe essere, per essere una terza. E non è un La \sharp che non è consonante con nessuna delle note precedenti. L'ottavo suono è ancora un'ottava del fondamentale; il suono 9, che dà intervallo dissonante col suono 1, 2, 4, 5 e 7, forma invece una consonanza coi suoni 3 e 6, coi quali si trova in rapporto di quinta maggiore, all'ottava giusta, e ad un'ottava di più. Gli intervalli dissonanti che questa nota 9 forma con la 5 e con la 8 sono usati nel nostro sistema musicale. Il 10° armonico forma coi suoni 1, 2, 4, e 8 l'intervallo di terza maggiore a diverse ottave; coi suoni 3 e 6 l'intervallo di sesta maggiore, e col suono 5 quello d'ottava; ma col precedente, col 9, dà una dissonanza che è adoperata anche questa in musica. Il suono 12 non dà alcun

rapporto nuovo coi suoni suddetti; ma gli 11, 13, e 14, non formano consonanza con nessuno degli armonici: e le dissonanze da essi prodotte non sono perciò giuste e non sono usate. Il 15° armonico è molto interessante: forma una terza maggiore col suono 12; e così è consonante coi suoni: 3, 6, 12 (terza maggiore) e 5, 10 (quinta). Il 16° che è un'ottava del fondamentale, è consonante con tutti quelli già detti: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12; e forma poi coi suoni 9 e 15 due intervalli nuovi, dissonanti. L'intervallo $\frac{16}{8}$, non molto diverso da quello $\frac{15}{8}$, è una certa settima minore; e il piccolo intervallo $\frac{16}{15}$, assai crudamente dissonante, è chiamato semitono.

Da quanto si è detto si ricava che la serie armonica è costituita di alcuni suoni, che sono i numeri 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, che formano tra loro tutti intervalli consonanti; di altri, che per quanto dieno consonanze con alcuni di quelli, dissonano con altri, tali i numeri 9, e 15; di altri infine, che dissonano con tutti gli altri; e danno origine ad intervalli inusitati in musica: e questi sono gli armonici 7, 11, 13, e 14.

Le note della serie armonica, prese dalla loro altezza vera, danno col fondamentale, e spesso anche tra di loro, intervalli a grandi distanze; ma per il principio dell'ottava, secondo il quale il valore qualitativo di due suoni in ottava è identico, possiamo inalzare di un'ottava il più basso dei suoni formanti uno di questi intervalli ampi, distanti, e così si riducono tutti a quelli conosciuti.

Così, per es. l'intervallo $1^{\circ}/1$, se noi portiamo il suono più basso tre ottave sopra, diviene $\frac{16}{8} = 2/1$, cioè un'ottava.

Ma oltre ai fatti che ho esposti finora riguardo agli intervalli, ve ne sono altri importanti da osservare. Se noi studiamo quale sia il rapporto tra i due suoni prodotti da due diapason, e consideriamo l'effetto sensoriale ricevutone, troviamo quei certi risultati che abbiamo già esposti. Pur nonostante, per es., l'intervallo $9/8$, o seconda maggiore, ci dà una sensazione assai gradevole, abbastanza soddisfacente, quasi fosse appena appena una dissonanza: mentre che se il medesimo $9/8$ fosse stato prodotto da una tromba, per es., ci avrebbe data la sensazione d'una dissonanza fortissima, aspra, sgradita affatto. Questa differenza tra i due casi nei quali diversifica il timbro, è dovuta infatti alla presenza, o no, degli armonici, dei suoni parziali, ad accompagnare la nota fondamentale.

Se i due diapason davano, per esempio, uno il Do di 128 vibraz. al secondo, l'altro il Re di 144, tra queste due note si dovevano avere 16 battimenti al secondo: ma, essendo semplice ambedue i suoni, cioè non portando seco nessun armonico, la dissonanza si poteva ritenere originata da quei soli battimenti tra i due suoni fondamentali. Ma se invece che i diapason, si usano altri strumenti, di timbro pieno, per produrre le due note, avremo a contatto non più un Do e un Re, ma i seguenti suoni:

Re	Re	La	Re	Fa#	La	Si#	Re	Mi
Do	Do	Sol	Do	Mi	Sol	La#	Do	Re
		Fa#	Sol#	La	La#			
		Mi	Fa#	Sol	Sol#			

Allora, se i primi suoni posson dare battimenti, tanti più ne daranno (e tanta maggiore dissonanza sarà così provocata), le note armoniche, specialmente le più alte, tra le quali ve ne son tante molto vicine. Per esempio, il 5° armonico del Re col 6° del Do, il 10° con l'11° (che non sono uguali, essendo il Fa diesis del Re la sua terza maggiore $\left(\frac{5}{4}\right)$, mentre che per il Do il Fa diesis è quarta aumentata; e la quarta aumentata del Do non è uguale alla terza maggiore del Re) l'11° col 12°, il 12° col 13°, ecc.

Da questo fatto, cui ho accennato, che cioè l'acutezza della dissonanza è dovuta ai battimenti tra gli armonici, si capisce anche come si possa spiegare la qualità del timbro di certi suoni. Infatti se una nota non è accompagnata che dai suoi primi due o tre armonici (es.: Do Do Sol Do) il suo timbro è buono, dolce, piano; ma un po' vuoto perchè non è costituito che da due note (Do e Sol). Se gli armonici son sei, (per es. Do Do Sol Do Mi Sol) il timbro è bello, sonoro e pieno: perchè gli armonici sono assai di numero

e d'estensione, e tutti consonanti fra loro. Quando invece gli armonici sono circa una decina, oppure mancano i primi e vi sono i più acuti (es. Do — Mi — Sol La diesis Do Re Mi) tra quelli più alti, che son vicini tra loro, si originano dei battimenti; e questi fanno divenire il timbro un po' stridulo, gli conferiscono un'asprezza, un certo carattere un po' sgradito.

Se studiamo gl'intervalli considerando la serie armonica dei due suoni, come abbiamo fatto per la seconda maggiore, troviamo: che l'unisono non dà nessun battimento tra gli armonici, che coincidono tutti, e l'ottava neppure, perchè tutti gli armonici dell'uno sono all'ottava di quelli dell'altro. Perciò questi due intervalli si chiamano *consonanze assolute*. Nella quinta si ha dissonanza tra alcuni armonici, per es. tra il terzo del suono più alto ed il quarto del più basso: tra il quinto ed il sesto, ecc.: nell'intervallo di quarta gli armonici dei due suoni danno anche più battimenti, più ancora ne dà la terza maggiore, la sesta maggiore, e la terza e la sesta minori.

Ma d'un altro fenomeno interessantissimo, specialmente perchè ci può sensibilmente esser rivelato, come una delle cause che determinano la consonanza o la dissonanza, bisogna occuparsi: voglio dire dei *suoni di differenza*.

Abbiamo già imparato che questi non son altro che la nota di quel certo numero di vibrazioni, uguale alla differenza tra quelli delle due note componenti l'intervallo; ma siccome questo si indica col rapporto dei numeri stessi, possiamo, fa-

ciendo la sottrazione tra le cifre di ogni rapporto, saper calcolare quale nota sia, rispetto a quelle, il suono di differenza. Per esempio, l'unisono è $\frac{1}{1}$; orbene, $1 - 1 = 0$; e così il suono differenziale è nullo, non esiste nell'unisono: infatti sono uguali i numeri di vibrazioni delle due note. Nell'ottava, invece, che è $\frac{2}{1}$, si ha $2 - 1 = 1$, cioè per differenza si ottiene un suono uguale a quello più basso del bicordo; per esempio: Do₂ — Do₃; suono differenziale Do₂.

Nella quinta $\frac{3}{2}$, il suono differenziale ($3 - 2 = 1$)

è una nota che, rispetto alla più bassa dell'intervallo, si trova in rapporto di ottava inferiore; così, per es.: la quinta Do₂ Sol₂, ha per suono di differenza Do₁.

In questi due intervalli: ottava e quinta, i suoni di differenza sono sempre raddoppi del basso dell'intervallo, e tanto essi che le note del bicordo fanno parte della serie armonica d'una nota che è un'ottava del basso medesimo. Così nell'ottava citata sopra, si ha quest'insieme: Do₂ — Do₂ Do₃ che sono gli armonici 1 e 2 della nota Do₂. Nella quinta si hanno invece queste tre note: Do₁ Do₂ Sol₂, che sono le prime tre della serie armonica del Do₁, raddoppio, all'ottava sotto, del suono più basso dell'intervallo.

Ma nella quarta $\frac{4}{3}$ il suono differenziale è $4 - 3 = 1$, cioè una nota che, con quella più bassa dell'intervallo, forma una quinta all'ottava bassa: per es. Do₃ Fa₃, suono differenziale Fa₁. Allora qui si hanno tre note che appartengono

tutte ad una serie armonica, ma a quella del Fa_1 , che è il suono di differenza (armonici 1, 3, 4) e non a quella del suono basso dell'intervallo: e poichè il senso nostro riferisce più facilmente i suoni al fondamentale della serie armonica, che è un insieme naturale di suoni, la quarta, per questo fatto accennato, è un intervallo assai meno sicuro dei precedenti; e bene spesso ne abbiamo una sensazione piuttosto di rovescio di quinta (cioè fondamentale Fa) che di vera quarta.

Nella terza maggiore $\frac{5}{4}$ si ha: $5 - 4 = 1$; cioè la nota di combinazione è due ottave sotto al suono più basso dell'intervallo; per es.: Do_3 Mi_3 ha per nota di differenza il Do_1 . I tre suoni appartengono tutti alla serie armonica del Do_1 , raddoppio del basso dell'intervallo (suoni del numero 1, 4, 5); e per questo la terza maggiore è una consonanza più decisa e migliore che non la vera quarta.

La terza minore, che è $\frac{6}{5}$ dà $6 - 5 = 1$, cioè una nota che è una terza sotto al suono più basso dell'intervallo, ma di due ottave inferiore; per es.: Do_3 $Mi b_3$: suono di differenza $La b_0$. Qui allora, come si è detto per la quarta, i tre suoni appartengono ad una serie armonica, ma, invece che a quella del basso del bicordo, a quella della stessa nota differenziale: infatti del $La b_0$ sono gli armonici 1, 5 e 6.

Nella sesta maggiore $\frac{5}{3}$, il suono di differenza ($5 - 3 = 2$) è precisamente la nota che è ad una quinta sotto al basso dell'intervallo; così Do_3 La_3 ha per suono di differenza Fa_2 . Queste tre note non solo non appartengono alla serie armonica

del basso dell'intervallo, ma neppure a quella del suono di differenza: bensì d'un'ottava bassa di questo, cioè del Fa_1 : rispetto al quale sono gli armonici 2, 3 e 5. Infine nella sesta minore $\frac{8}{5}$ il suono di differenza ($8 - 5 = 3$) è la nota che si trova una sesta maggiore sotto al suono più basso dell'intervallo; come, ad esempio, in Do_3 $La b_3$ il suono differenziale è $Mi b_2$. Queste tre note non appartengono alla serie armonica del basso dell'intervallo, nè d'una sua ottava, nè del suono di combinazione o d'un raddoppio di questo, ma a quello di un'ottava bassa del suono più alto dell'intervallo, cioè del $La b_0$; rispetto al quale esse sono gli armonici 3, 5 e 8. A questo riguardo la sesta minore somiglia alla quarta, ed anch'essa facilmente vien percepita come rovescio della terza maggiore, cioè della sua consonanza corrispondente.

In questo modo la formazione dei suoni di differenza ci fa render conto della gradualità delle consonanze dei diversi intervalli. In quelli dissonanti, poi, i suoni di combinazione rinforzano la dissonanza esistente raddoppiando una delle due note dell'intervallo, oppure ne creano di nuove; come, per esempio, accade nella nona maggiore $\frac{9}{4}$, il suo suono di differenza è 5, cioè una terza maggiore sopra al basso del bicordo: nota, la quale dissona con la superiore formando con essa una settima minore $\frac{9}{5}$; per esempio, dato il bicordo Do_2 Re_3 , nona maggiore, il suono differenziale, che è Mi_2 , dissona col Re_3 ; e ad una dissonanza ne viene così aggiunta una nuova per la formazione della nota di combinazione.

CAPITOLO XVI.

Accordi consonanti. — Scala pitagorica.

Se invece che due sole note, le quali costituiscono un *intervallo* musicale, noi ne ascoltiamo tre o più insieme, ne riceviamo la sensazione di consonanza solamente quando *tutti gl' intervalli che tutte le note formano due a due tra di loro, sono consonanti*. Perchè infatti, sebbene, ad es., questi due intervalli: $Si_2 - Si_3$ e $Do_2 - Do_3$, ciascuno a sè, sieno due consonanze assolute, se li uniamo risulta una dissonanza perchè appunto tra i suoni d'un bicordo e quelli dell'altro si stabiliscono degl'intervalli dissonanti. Così pure, mentre Do_2 , Sol_2 e Do_2 , La_2 son consonanze buone tutte e due, la loro unione è dissonante, per l'intervallo che si origina tra Sol_2 e La_2 . Ciò detto, possiamo estendere anche agli *accordi*, ossia all'unione di tre o più note, la legge dei rapporti semplici, che si potrà in questo caso esprimere così: Un accordo è sempre consonante quando tutte le varie note che lo compongono stanno in rapporti semplici tanto col basso dell'accordo, quanto tra di loro altre.

L'accordo più semplice di tutti è quello formato dai primi tre armonici; accordo che, se noi portiamo il terzo suono un'ottava sotto, cioè in mezzo ai primi due, viene ad esser costituito dai seguenti intervalli col basso: $1 \frac{3}{2} 2$ — (cioè una quinta ed un'ottava, che sono le due consonanze migliori). Questa unione di note è poco usata in musica, perchè risulta assai semplice, troppo vuota: mentre che da essa appunto si possono derivare gli accordi consonanti usati comunemente, per l'aggiunta d'un altro intervallo consonante. Quell'accordo li, era dato dai primi tre armonici; ora se aggiungiamo ad essi il quinto (non il quarto, che, portato un'ottava sotto coincide col numero 2) e lo portiamo due ottave sotto, esso forma col basso un intervallo di terza maggiore, e l'accordo viene ad esser costituito da questi intervalli col fondamentale: $1 \frac{5}{4} \frac{3}{2} 2$ che sono le consonanze migliori.

Questo accordo che è il più consonante che si pratici usualmente in musica, vien chiamato *perfetto maggiore*: oltre ai bicordi che le tre note superiori formano col suono fondamentale, vi sono anche altri intervalli tra le varie note: per es. tra il $\frac{3}{2}$ e il 2 si ha: $\frac{3}{2} : 2 = \frac{4}{3}$, quarta maggiore; tra $\frac{5}{4}$ e 2 si ha: $\frac{5}{4} : 2 = \frac{8}{5}$, sesta minore; e fra il $\frac{5}{4}$ e il $\frac{3}{2}$ si ha: $\frac{5}{4} : \frac{3}{2} = \frac{12}{10} = \frac{6}{5}$, terza minore.

Avendo così derivato l'accordo perfetto maggiore dai suoni della serie armonica, ed osservati gli intervalli che le sue note formano tra di loro, si è trovato che esso è composto delle consonanze

migliori, cioè dai rapporti più semplici: $\frac{2}{1}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{6}{5}$, $\frac{8}{5}$.

Guardiamo ora brevemente, come si fece per gl'intervalli, se le coincidenze tra gli armonici delle note dell'accordo perfetto maggiore, ci danno pure ragione della sua consonanza.

Nell'intervallo d'ottava, gli armonici del suono più alto trovano tutti da coincidere con armonici del più basso:

2	4	6	8	10	12 ecc.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 ecc.

Nella quinta invece coincidono uno sì e uno no:

(3)	6	(9)	12	(15)	18			
2	4	6	8	10	12	14	16	18

Ma quelle note armoniche del suono più alto, come 3, 9, 15, che non trovano da coincidere con quelle del più basso, troverebbero tutte le coincidenze nella serie armonica del suono 1, se vi fosse; cioè della nota all'ottava bassa del basso dell'accordo.

La terza maggiore ne ha anche meno di coincidenze

5	10	15	20	25	30	35	40		
4	8	12	16	20	24	28	32	36	40

e perchè tutti gli armonici del suono superiore

potessero trovar da coincidere, occorrerebbe la serie armonica del suono 1, che qui sarebbe due ottave sotto al basso dell'accordo.

Da questo si deduce che l'accordo perfetto maggiore, come Do_3 , Mi_3 , Sol_3 , Do_4 è più perfettamente consonante se ad esso si aggiungono altre due note: Do_2 e Do_1 : ed è in questa forma, infatti, che più si usa.

Ma quello che più di tutto interessa nello studio degli accordi è considerare i suoni di differenza che hanno origine dai diversi intervalli.

L'ottava, che è $\frac{2}{1}$ dà per differenza il suono 1, cioè lo stesso *basso dell'accordo*.

La quinta, che è $\frac{3}{2}$, dà per differenza 1; ma il basso dell'accordo qui era computato *due*, per cui il suono di differenza è *l'ottava sotto il basso dell'accordo*.

La terza maggiore $\frac{5}{4}$, dà per differenza 1; ma siccome qui il basso dell'accordo è computato 4, così il suono di differenza 1 è *due ottave sotto al basso dell'accordo*.

Così dagl'intervalli che le note dell'accordo perfetto maggiore formano con quella più bassa, risultano per differenza appunto quelle note che sopra abbiamo detto esser necessarie per ottenere migliore consonanza potendo riferire ad esse, prese come fondamentali, i diversi armonici delle note dell'accordo.

Osserviamo ora gli altri intervalli. La quarta $\frac{4}{3}$ dà per suono differenziale 1, cioè una nota due ottave sotto al suo suono più alto: ciò che equivale a dire *l'ottava sotto al basso dell'accordo*.

La terza minore $\frac{6}{5}$ dà per differenza 1, cioè una nota che è ad una terza sotto al suo suono più basso, due ottave sotto, cioè *due ottave sotto al basso dell'accordo*.

Infine la sesta minore $\frac{8}{5}$ dà per suono differenziale 3, cioè una sesta maggiore sotto al suo suono più basso, ossia, *l'ottava sotto alla quinta dell'accordo*.

Se scriviamo l'accordo perfetto maggiore di Do, ed i suoni di differenza che ne risultano (fig. 84) vediamo facilmente che l'insieme di tutte quelle note non è altro che la *serie armonica del suono due ottave sotto al basso dell'accordo*.



Fig. 84.

Oltre all'accordo perfetto maggiore in musica si pratica un altro accordo consonante che è chiamato *perfetto minore*. Si può derivare anche questo da quel primo accordo semplice $1 \frac{3}{2} 2$, sopra considerato, aggiungendovi l'intervallo fornito dall'armonico 6 col suo precedente; cioè, aggiungendo la terza minore del basso dell'accordo: e risultano allora questi intervalli col fondamentale: $1 \frac{6}{5} \frac{3}{2} 2$.

Essi sono tutti consonanti (ottava e quinta, consonanze perfette; terza minore, consonanza sempre abbastanza buona); e le varie note tra loro danno pure sempre origine a tutti intervalli consonanti: fra $\frac{3}{2}$ e 2 una quarta $\frac{4}{3}$; fra $\frac{6}{5}$ e $\frac{3}{2}$ ($\frac{6}{5} : \frac{3}{2} = \frac{15}{12} = \frac{5}{4}$) una terza maggiore; ed infine tra $\frac{6}{5}$ e 2 ($\frac{6}{5} : 2 = \frac{10}{6} = \frac{5}{3}$) una sesta mag-

giore. Così, da questa derivazione dell'accordo perfetto minore da suoni della serie armonica, e dalla considerazione dei suoi intervalli, si trova che le note che lo compongono stanno tutte tra di loro in rapporti semplici, che sono: $\frac{2}{1}, \frac{3}{2}, \frac{6}{5}, \frac{4}{3}, \frac{5}{4}, \frac{5}{3}$.

Se poi osserviamo le coincidenze tra gli armonici delle diverse note, troviamo che nell'*ottava*, come si è già veduto avanti, gli armonici del suono più alto coincidono tutti con quelli dell'*inferiore*; nella *quinta*, uno sì, ed uno no; e quelli non coincidenti troverebbero da coincidere con alcuni della nota all'*ottava sotto al basso dell'accordo*; mentre che nella terza minore si ha:

6	12	18	24	30	...	60
6	10	15	20	25	30	35 ... 60

e gli armonici 6, 12, 18, 24, ecc. troverebbero da coincidere nella serie del suono 3, cioè dell'*ottava bassa della terza minore* dell'accordo.

Se confrontiamo la sensazione che ci dà l'accordo perfetto maggiore con quella che ci dà questo minore, troviamo una differenza grandissima di carattere tra essi: e l'effetto diverso, anzi, quasi opposto, che essi hanno, non è certo facile a spiegare se consideriamo gli intervalli costituenti questi due accordi, che sono:

Accordo perfetto maggiore: Ottava, Quinta, Terza maggiore, Quarta, Terza maggiore, Sesta minore.

Accordo perfetto minore: Ottava, Quinta, Terza minore, Quarta, Terza maggiore, Sesta maggiore.

Infatti tali intervalli sono tutti uguali, fuorchè le terze, che sono in ordine invertito, e la sesta, che è maggiore nell'accordo minore, e minore nel maggiore. La diversità di questa sesta porterebbe quasi a concludere che l'accordo perfetto minore è consonante più dell'altro; mentre che il suo carattere specifico è appunto quello di una certa indecisione, di qualche cosa di indefinito, di meno regolare che non in quello maggiore, di meno perfettamente consonante; cosa di cui soltanto l'esame dei suoni di differenza può renderci conto e rivelare la causa.

Infatti l'ottava dà per suono di differenza il *basso dell'accordo*; la quinta dà un'ottava sotto al *basso dell'accordo*; la quarta dà pure l'ottava sotto al basso dell'accordo. La terza maggiore (che sta fra il secondo e il terzo suono dell'accordo) dà per differenza la stessa sua nota bassa, due ottave sotto. Questo raddoppio della terza minore dell'accordo, mentre che nel perfetto maggiore la terza maggiore non aveva nessun raddoppio, è già una differenza notevole: tanto più che la terza minore non appartiene alla serie armonica del basso dell'accordo.

Ma poi la terza minore, $\frac{9}{5}$ dà per differenza 1, cioè la nota d'una terza maggiore sotto al suono più basso, due ottave sotto; per es.: $Do_3, Mi \flat_3 = La \flat_0$. Inoltre la sesta maggiore $\frac{5}{3}$ (che è tra la seconda e la quarta nota dell'accordo) dà per

differenza il suono 2, una quinta sotto al suo più basso; per es. $Mi \flat_3, Do_4 = La \flat_2$.

Orbene, se noi poniamo tutti accanto i suoni dell'accordo, e quelli di combinazione che risultano dai vari intervalli di esso (fig. 85), vediamo subito che i due $La \flat$ dissonano col Sol dell'accordo; e questa dissonanza latente genera quella sensazione di vaga indecisione propria di quest'accordo.

Ma se anche la dissonanza tra i due $La \flat$ ed il Sol non è da ritenersi sensibile, sia per la distanza grande tra questi suoni, sia perchè le note di differenza non sono mai tanto forti, basta la sua esistenza per renderci ragione del carattere così diverso tra l'accordo perfetto maggiore e questo minore. E possiamo anche considerare la cosa sotto quest'altro aspetto: tutte le note che abbiamo vedute per l'accordo maggiore formavano completa la serie armonica d'un raddoppio, due ottave sotto, del basso dell'accordo: di modo che questa nota che veniva ad essere la vera fondamentale dell'accordo era in realtà la stessa nota, due ottave più bassa, del basso dell'accordo. Ma qui è ben altrimenti. Nella serie armonica del Do, basso dell'accordo minore dai noi considerato, non si trovano il $La \flat$, nè il $Mi \flat$; e se cerchiamo a quale fondamentale si possano riferire tutte quelle note, troviamo che è il $La \flat$ un'ottava sotto a quello più basso lì scritto.



Fig. 85.

La serie armonica del $La \flat$ è:

$La \flat$ $La \flat$ $Mi \flat$ $La \flat$ Do $Mi \flat$ Fa $La \flat$ $Si \flat$
1 2 3 4 5 6 7 8 9

Do $Re \sharp$ $Mi \flat$ $Mi \sharp$ $Fa \sharp$ Sol $La \dots Do$
10 11 12 13 14 15 16 \dots 20

ed allora il $La \flat$ basso risultante per differenza è l'armonico 2, il $Mi \flat$ sopra è il 3, e via così gli altri suoni sono i numeri 5, 8, 10, 12, 15, e 20 di questa serie.

Allora, per il fatto che l'accordo perfetto minore ha per vera nota fondamentale della consonanza un suono estraneo ad esso, e che il suo basso non è un raddoppio ad ottava di questa fondamentale, noi non percepiamo quest'insieme di note con quella sicurezza e con quella facilità di percezione e di comprensione che facevano dell'altro accordo una consonanza così buona ed accetta.

Questi due accordi perfetti danno il senso della tonalità e della modalità: non sicuramente, però, altro che se l'accordo è solo e si deve ritenere costruito sulla tonica; perchè altrimenti un accordo perfetto può appartenere a diverse tonalità, tanto di modo maggiore, quanto di modo minore. Quello che sicuro ed esatto ci dà il senso della tonalità e della modalità è un altro elemento musicale, la *Scala*.

Studieremo ora brevemente quale fosse la scala

anticamente presso i Greci, e vedremo come da quella si sia giunti al sistema musicale moderno.

Il sistema musicale greco era fondato sull'intervallo di quinta giusta, cioè $\frac{3}{2}$. Partendo da un Fa si otteneva così, una quinta sopra, il Do , ed una quinta sopra a questo, il Sol ; invece portando una quinta sotto al Fa si otteneva un Do , e ripiegando il Sol un'ottava in basso, risultavano queste quattro note: $Do Fa Sol Do$, formanti gli intervalli di quarta, quinta ed ottava. Erano queste le quattro note del tetracordo, o Lira d'Orfeo, strumento così semplice, e col quale pure si accompagnava la recitazione ed anche il canto (¹).

A queste prime quattro note se ne potevano aggiungere altre; ma sempre ottenendole per concatenazione di quinte; così si poteva avere il Re quinta del Sol , il La quinta del Re , il Mi quinta del La e il Si quinta del Mi . Con queste note, riportate tutte entro l'ottava già limitata dalle due estreme del tetracordo, si arrivava ad una scala $Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do$, composta di suoni che col più basso (tonica, o primo grado della scala) formavano i seguenti intervalli

$1 \frac{9}{8} \frac{81}{64} \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{27}{16} \frac{243}{128} 2$.

(¹) È notevole che il tetracordo contiene gl'intervalli più caratteristici della voce nella declamazione. Infatti, interrogando, la voce sale di una quarta; rinforzando, cresce ancora d'un grado; ed infine, concludendo, ridiscende d'una quinta.

Quantunque il modo di formazione di questa scala, derivandone tutte le note da una per successive quinte, sia semplicissimo, pure se ne ottengono, come si vede, degl'intervalli assai poco buoni: infatti la terza, la sesta, e la settima son misurate da rapporti complicati, e riescono perciò assai meno gradite all'udito, che non, per esempio, la terza e la sesta che noi abbiamo già conosciute come consonanti.

La terza maggiore della scala greca, che vien chiamata anche pitagorica, cioè $\frac{81}{64}$ è un intervallo più grande della nostra che è $\frac{4}{3} = \frac{80}{64}$; ma la complicità del suo rapporto ci dà la sensazione di una terza stonata crescente; e si noti che, per esempio, i rapporti della *terza* e della *sesta* che dovrebbero esser consonanze, sono assai più complessi del rapporto della seconda maggiore ($\frac{9}{8}$), la quale deve essere dissonante.

Questi difetti del sistema greco ci si rivelano bene all'audizione di accordi intonati secondo la scala pitagorica. Possiamo preparare dei dischi a più ordini di fori, per la sirena di Cagnard La Tour; e se li avremo fatti nei numeri corrispondenti, ad es. ad 1, $\frac{81}{64}$, $\frac{3}{2}$, 2, otterremo l'accordo perfetto maggiore secondo il sistema greco; e sarà stonato, per la terza maggiore troppo grande, che contiene, e per tutte le altre conseguenze che porta con sè questo intervallo poco buono.

Ma se questi intervalli della scala pitagorica sono duri, un po' urtanti, sgradevoli a udirsi, quando le due note sono contemporanee, accade

ben diversamente per suoni consecutivi: in questo caso infatti può accadere talvolta che il nostro senso preferisca una terza greca ad una nostra, per quanto irregolare e poco consonante.

In altre parole, la scala pitagorica piuttosto che armonica è, se mai, melodica, e risponde ad una certa tendenza, verificabile sempre nella pratica degli strumenti ad intonazione libera, di fare sempre un pochino maggiori del giusto gl'intervalli d'una melodia; le note un po' più alte di quello che dovrebbero essere, chè in tal caso l'uditore segue più facilmente la successione melodica; il senso uditivo è eccitato sempre più ad interessarsi, a seguire una successione di note, quando gl'intervalli sono appena un po' duri.

Nè questa tendenza del nostro orecchio ad intervalli fisicamente falsi, non giusti, è sola: chè già abbiamo detto come giungan graditi ad esso certi intervalli provvisti moderatamente di battimenti sensibili (¹), che veramente indicano una stonatura.

La scala greca, una volta formata come si è detto, poteva cominciarci da qualunque grado, da qualunque dei suoi suoni, senza che i rapporti tra le note due a due venissero mutati; risultavano così, nelle scale diverse, differenti gli intervalli dei vari gradi rispetto alla tonica, e dei vari gradi tra di loro; per cui ciascuna scala era una

(¹) Come per esempio nel citato Registro « Voce Umana » dell'organo.

individualità, e costituiva ciò che veniva chiamato un *modo*. I modi erano sette, e venivano chiamati :

Lidio (Do maggiore) Frigio (Re) Dorico (Mi) Ipolidio (Fa) Ipofrigio o Jonico (Sol) Ipodorico o Eolico (La) Misolidio (Si).

Di questi modi nella musica S. Ambrogio accettò quattro soli che ebbero il nome di: Protos authenticus (Re) Deuterios aut. (Mi) Tritos auth. (Fa) e Tetartos auth. (Sol); San Gregorio poi aggiunse gli altri: La (Protos plagale) Si (deuterios plagale) Do (Tritos plagale) e Re (Tetartos plagale).

Solamente nel secolo XVII fu sviluppato il concetto della tonica; e di tante scale diverse furono adottate pochissime forme per ciascuna tonalità, una per un modo, e due o tre per un altro modo (minore).

CAPITOLO XVII.

Scala maggiore e minore.

Scala temperata.

Prendiamo, tra gli intervalli consonanti che abbiamo imparati a conoscere, quelli di terza maggiore, quarta, quinta, sesta maggiore ed ottava, avremo una successione: $1 \frac{5}{4} \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{5}{3} 2$, nella quale c'è grande distanza tra il primo ed il secondo suono, e tra il penultimo e l'ultimo. Per ottenere la scala, non avremo che a colmare questa doppia lacuna, aggiungendo agl'intervalli già esistenti colla tonica, quelli di *seconda* e di *settima*.

Nella serie armonica abbiamo già detto che in musica sono ammessi regolarmente, a formare gli intervalli, i suoni 1 2 3 4 5 e alcuni loro multipli; ed i seguenti numeri primi (7, 11, 13, 17, 19, ecc.) sono invece scartati. Allora, poichè gli intervalli consonanti erano formati, come si è veduto, soltanto dai primi 8 suoni, per i dissonanti cominceremo dal 9°. La nota nona della serie armonica forma col suono 1 un intervallo $\frac{9}{1}$ che, se avviciniamo le due note quanto più è possi-

bile, diviene $\frac{9}{8}$; cioè lo stesso intervallo che corre tra l'armonico 9 ed il suo precedente. Questo intervallo dissonante, $\frac{9}{8}$, è la *seconda maggiore*.

Proseguendo tra gli armonici, incontriamo i numeri 10 e 12 che non forniscono intervalli nuovi (altro che il 10 col 9); i numeri 11, 13 e 14 che sono scartati; e finalmente il 15^o, nuova nota, che con la fondamentale dà l'intervallo $\frac{15}{1}$ che, se si avvicinano le due note entro la medesima ottava, diviene $\frac{15}{8}$. Questo intervallo, dissonante, è la *settima maggiore*.

Con questi due nuovi intervalli la scala è già formata: $1 \frac{9}{8} \frac{5}{4} \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{5}{3} \frac{15}{8} 2$.

Abbiamo scelti questi due intervalli che mancavano alla scala, facendo combinare suoni armonici col fondamentale, e cercando tra quelli i migliori, ma non solo: chè si poteva invece determinarli e sceglierli in altra maniera. Infatti, per esempio, la seconda maggiore non è altro che la distanza tra la nota 2^a della scala e la precedente; ma, per esempio, tra il quinto grado ed il suo precedente esisteva già un rapporto $\frac{4}{3} : \frac{3}{2} = \frac{9}{8}$; e si poteva benissimo decidere, allora, di creare tra la tonica ed il secondo grado ancora da collocare, un tale intervallo che già si ritrovava tra altre due note consecutive della successione. E così per la settima maggiore: anch'essa forma col suono precedente un intervallo $\frac{5}{3} : \frac{15}{8} = \frac{45}{40} = \frac{9}{8}$. Ma con la nota successiva, la seconda si trovava in un altro rapporto: $\frac{9}{8} : \frac{5}{4} = \frac{40}{36} = \frac{10}{9}$; ed anche questa relazione già esisteva tra altri gradi della scala, per esempio, tra il quinto ed il sesto:

$\frac{3}{2} : \frac{5}{3} = \frac{10}{9}$. La settima maggiore poi, con la sua nota successiva, è in relazione ancora differente $\frac{15}{8} : 2 = \frac{16}{15}$, ma anche questo intervallo si trova già nella scala, tra il terzo e il quarto grado: $\frac{5}{4} : \frac{4}{3} = \frac{16}{15}$.

Perciò si poteva anche, per trovare il posto giusto ai due suoni da collocare ancora nella successione degl'intervalli consonanti, per ottenere la scala, fare in modo che essi non producessero, con le note vicine, se non intervalli già esistenti tra altri gradi della scala; ed allora sarebbero risultate necessariamente soltanto la seconda e la settima maggiori.

Nella scala che si è detta or ora, e che è la *scala diatonica maggiore*, tra le note consecutive non sono che tre specie di intervalli: il *tono grande* $\frac{9}{8}$ (tra primo e secondo, tra quarto e quinto e tra sesto e settimo grado); il *tono piccolo* $\frac{10}{9}$ (tra secondo e terzo, e tra quinto e sesto grado) ed il *semitono* $\frac{16}{15}$ (tra terzo e quarto e tra settimo ed ottavo grado).

Tutti questi intervalli, sia tra le note vicine, sia rispetto alla tonica, della scala riportata ora, sono assai migliori di quelli, corrispondenti, della scala pitagorica. Basti confrontare il *tono piccolo* nostro ($\frac{10}{9}$) coll'intervallo che è tra il secondo e terzo grado della scala greca:

$$\frac{9}{8} : \frac{81}{64} = \frac{648}{576} = \frac{81}{72}$$

(alquanto maggiore e meno grato) oppure il nostro semitono con quello greco che è $\frac{256}{243}$.

Nel nostro sistema musicale si usa cominciare da qualunque nota la scala, senza che mutino i rapporti tra i gradi di essa; per questo bisogna, mutando la tonica, modificare alcune note, alterarle per ottenere sempre la medesima successione. Gli intervalli tra suoni consecutivi debbono essere i seguenti: $\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{16}{15}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{9}{8}$ $\frac{16}{15}$; ma se noi, per esempio, vogliamo cominciare la scala dal Sol (quinto grado), mantenendo intatte le altre note, avremo questi intervalli:

$$\frac{10}{1} \frac{9}{8} \frac{16}{15} \frac{9}{8} \frac{10}{9} \frac{16}{15} \frac{9}{8},$$

cioè, di essi è cambiato l'ordine. Ed allora, dovendo la scala diatonica maggiore contenere quegli intervalli nell'ordine esposto prima, occorre ricostituirli; alterando convenientemente alcune delle note della successione.

Le differenze d'ordine degli intervalli sono due: anzitutto la posizione del semitono che dev'essere tra settimo ed ottavo, e non tra sesto e settimo grado; e poi la distribuzione dei toni grandi e di quelli piccoli. Per collocare il semitono al posto che deve occupare, bisogna innalzare il settimo grado fino a che esso non formi coll'ottavo un intervallo di $\frac{16}{15}$: ciò che si fa alterando la nota in questione mediante un *diesis*, il quale ha in questo caso l'ufficio di innalzarla di $\frac{23}{22}$, intervallo un po' minore del *semitono diatonico*, e che si dice *semitono cromatico*.

Quanto all'altra alterazione necessaria ad alcune note affinché vengano ristabiliti nella posizione

dovuta i toni grandi e quelli piccoli, questa si fa naturalmente, senza indicazione, come esiste per il semitono: perchè questa correzione è spontanea, e consta d'un intervallo piccolissimo ($\frac{9}{8} : \frac{10}{9} = \frac{81}{80}$) che si chiama *comma*.

Se invece che dal quinto grado della scala diatonica di Do, si comincia la successione dal sesto grado, per esempio, allora l'intervallo tra il settimo e l'ottavo grado viene ad essere un tono minore, $\frac{10}{9}$; e perchè divenga un semitono occorre innalzare la settima nota della scala fino a che formi con la seguente l'intervallo $\frac{16}{15}$: questa correzione si fa pure col *diesis*, ma questo, questa volta, ha un valore differente da quello di prima, e vale $\frac{25}{24}$.

Esistono così tre semitoni: il semitono diatonico $\frac{16}{15}$ e quello cromatico il quale, a seconda che deve alterare un tono grande o piccolo, è $\frac{23}{22}$ o $\frac{25}{24}$.

Per le scale cominciate da altri gradi il procedimento deve necessariamente essere inverso, ed invece che innalzare una nota occorre abbassarla: a quest'uso serve il *bemolle* perfettamente analogo, in senso contrario, al *diesis*, e del medesimo valore nei casi differenti.

Questo per la scala maggiore.

La scala minore in musica si può praticare in tre forme diverse, che portano queste denominazioni: scala minore *melodica discendente*; scala minore *melodica ascendente*; e scala minore *armonica*.

La vera scala di modo minore sarebbe la prima

che ho nominata: tanto è vero che l'armatura da porsi in chiave si deduce da essa, e non dalle altre. In questa scala i rapporti dei vari gradi con la tonica sono: $1 \frac{9}{8} \frac{6}{5} \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{8}{5} \frac{9}{5} 2$. Ossia mentre che nella maggiore gli intervalli di *terza*, *sesta* e *settima* erano maggiori, qui sono minori. Però gli intervalli tra nota e nota, i quali sono: $\frac{9}{8} \frac{16}{15} \frac{10}{9} \frac{9}{8} \frac{16}{15} \frac{9}{8} \frac{10}{9}$, sono i medesimi e nello stesso numero che nella scala diatonica maggiore ed anche nello stesso ordine: solo che questa successione comincia dal sesto grado di quella maggiore. Per esempio, la scala di Do maggiore cominciata dal La non è altro che la scala minore melodica discendente di La.

La seconda forma, cioè la *melodica ascendente* non differisce dalla diatonica maggiore altro che per avere la terza minore invece che maggiore: $1 \frac{1}{8} \frac{6}{5} \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{5}{3} \frac{15}{8} 2$; cioè è come costituita per metà dalla precedente e per metà dalla maggiore. Questa contiene, come la seguente, la settima maggiore, nota che ha un carattere importante per determinare il senso della tonalità (sensibile), che manca alla settima minore.

La terza forma, l'*armonica*, è, per le relazioni esistenti tra i suoni a riguardo della tonalità e della modalità, la più perfetta: infatti essa contiene la terza e la sesta ambedue minori; mentre che conserva il settimo grado con carattere di sensibile, settima maggiore. Essa è data dai seguenti rapporti con la tonica:

$$1 \frac{9}{8} \frac{6}{5} \frac{4}{3} \frac{3}{2} \frac{8}{5} \frac{15}{8} 2.$$

Se della forma precedente noi consideriamo gli intervalli tra nota e nota, troviamo che sono i medesimi che erano nella diatonica maggiore, però in ordine diverso, tanto che non si può considerarla come una scala maggiore cominciata da un altro grado, infatti sono:

$$\frac{9}{8} \frac{16}{15} \frac{10}{9} \frac{9}{8} \frac{10}{9} \frac{9}{8} \frac{16}{15}.$$

Ma se poi osserviamo la terza forma minore troviamo pure toni grandi, toni piccoli e semitoni; ma anzitutto i semitoni invece che due sono tre; e poi tra il sesto ed il settimo grado troviamo un intervallo nuovo, assai complesso e fortemente dissonante, misurato dal rapporto $\frac{75}{64}$, e che si chiama di *seconda aumentata*: infatti questi intervalli tra nota e nota nella scala minore armonica sono:

$$\frac{9}{8} \frac{16}{15} \frac{10}{9} \frac{9}{8} \frac{16}{15} \frac{75}{64} \frac{16}{15}.$$

L'esistenza di quell'intervallo di seconda aumentata, notevolmente dissonante, rende impossibile l'uso melodico di questa scala, che invece, per contenere gl'intervalli caratteristici della modalità minore e la sensibile della tonalità è ottima per l'armonia.

Come si è detto per la scala diatonica maggiore, così per ciascuna di queste forme della scala minore, si può prendere per tonica qualunque nota: correggendo gl'intervalli col diesis o col bemolle secondo che è necessario.

Queste scale finora considerate sono quelle del

sistema musicale razionale e naturale. Fisicamente sono queste le scale vere, formate con gl'intervali, buoni per il nostro orecchio, originati dai suoni naturali della serie armonica, ed appunto perchè naturali, queste scale sono quelle seguite spontaneamente da chi canta senza accompagnamento o da chi suona strumenti ad intonazione libera; ma vi sono alcuni strumenti, come per esempio il pianoforte, che non posseggono che un numero assai limitato di suoni, e non hanno la possibilità di correggere il comma, nè il doppio comma, nè di dare alle alterazioni cromatiche (diesis e bemolle) due valori diversi a seconda che si tratta di correggere un tono grande od uno piccolo; e l'orecchio nostro occorre che si adatti a questa limitazione di suoni ed a questa intonazione poco esatta.

Perciò si è ricorso ad un espediente, immaginando un sistema musicale arbitrario, artificiale, ma tanto più comodo ed utile, in pratica, che per quanto giustamente si debba riconoscere che costituisce un errore ed una cosa contro natura, pure occorre convenire che è d'una semplicità e d'una convenienza grandissima; tanto che, essendo di gran lunga inferiore al sistema naturale ora studiato, rimane sempre molto più comodo e giusto di quello greco, pitagorico.

Secondo questo *sistema temperato* l'intervallo d'ottava si divide in dodici frazioni uguali tra

loro, ciascuna delle quali ha il valore di $\sqrt[12]{2}$.
Questi piccoli intervalli, chiamati semitoni, di

grandezza 1.05946 (mentre che il semitono diatonico della scala naturale ($16/15$) è 1,0666 e quello pitagorico è 1,05349) costituiscono i *toni* per somma: infatti due semitoni sommati formano un tono; e nella *scala temperata* i toni sono tutti uguali tra loro, non esistendo più toni grandi e toni piccoli ed annullandosi il comma.

Il tono temperato è uguale al *tono grande naturale* $9/8$, e trovandosi nella scala, entro lo stesso intervallo d'ottava, cinque di questi toni, necessariamente i due semitoni restanti sono più piccoli di quelli del sistema fisico.

I valori degl'intervalli delle tre scale, pitagorica, naturale e temperata, sono i seguenti:

1° grado — 2° — 3° — 4° — 5° — 6° — 7° — 8°

Pitagorica:

1. 1.125 1.26562 1.333 1.5 1.6875 1.89843 2

Naturale:

1. 1.125 1.25 1.333 1.5 1.6666 1.875 2

Temperata:

1. 1.2246 1.25992 1.33485 1.49881 1.6818 1.88776 2

Basta osservare questi rapporti per dedurre che, siccome lo studio sperimentale della sensazione sonora ha condotto alla legge dei rapporti semplici, e questi sono assai numerosi, e migliori nella scala naturale che nelle altre, essa è fisilogicamente la migliore.

Il sistema temperato conduce a suoni inesatti

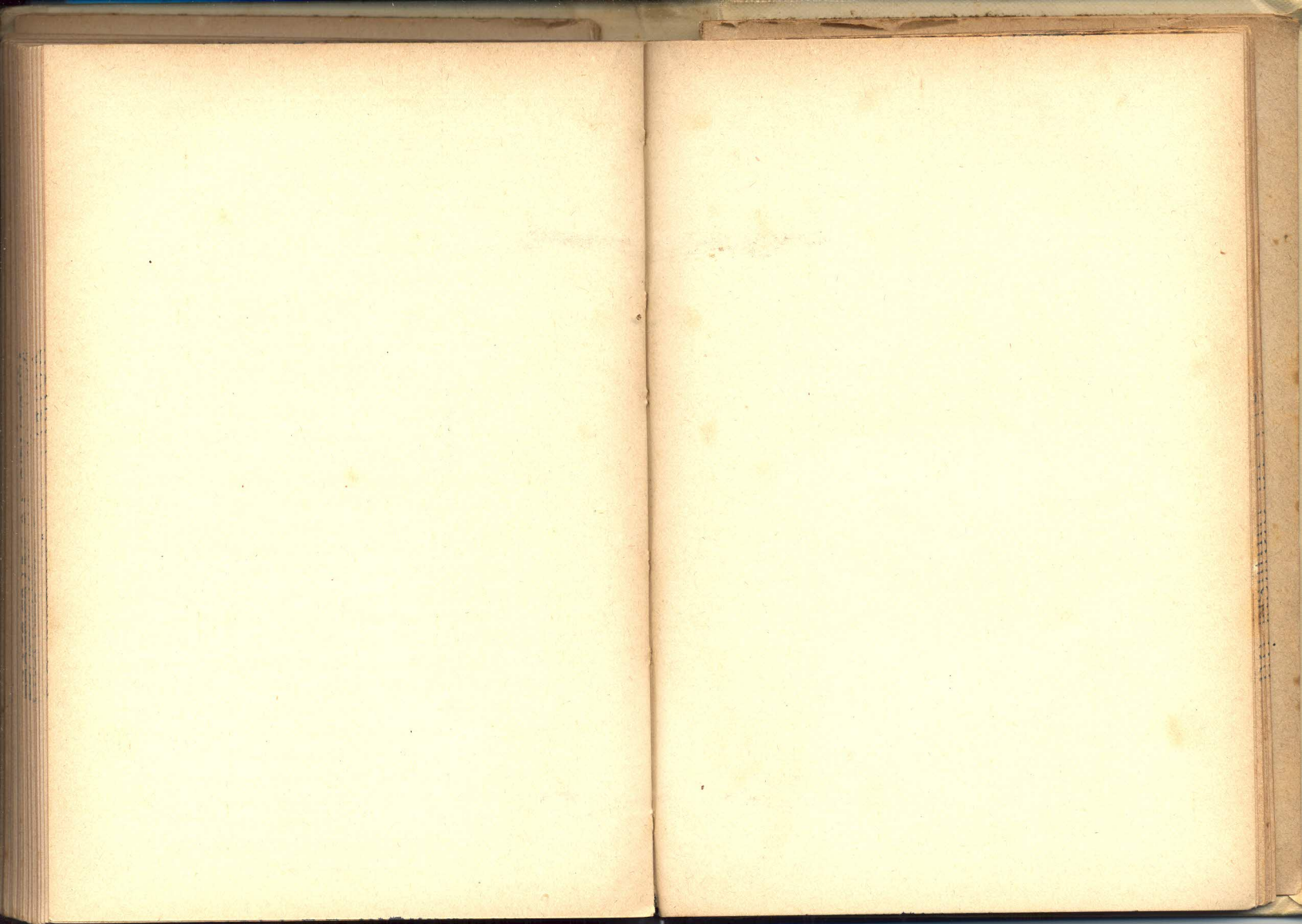
per il nostro orecchio; a differenze, come quella del comma, semplici: per esempio, data la tonica Do, il Sol, quinta di essa, le sta nel rapporto di $\frac{3}{2}$; orbene, se da questo Sol noi vogliamo intonare il La, prendendo il Sol come tonica nuova, questo La starà al Sol come $\frac{9}{8}$, e $\frac{3}{2} \times \frac{9}{8} = \frac{27}{16}$; questo rapporto $\frac{27}{16}$ del La al Do di prima non è uguale certo a $\frac{5}{3}$, differendo da esso di un comma; eppure tutti i La di tutte le tonalità, le cui differenze posson giungere fino a 4 comma, sono prodotti sul pianoforte dallo stesso tasto, e sono il medesimo suono cui l'orecchio deve adattarsi. Ed è certo per l'abitudine, dei nostri tempi, a suoni temperati, che l'udito nostro è meno raffinato di quello, per esempio, dei Greci, i quali, nel sistema enarmonico, ammettevano intervalli anche assai piccoli, comè il comma.

Ora si chiama appunto enarmonia l'*omofonia*, cioè l'uguaglianza, artificiale, tra due note; per esempio, tra Do e Si diesis: dovuta al fatto che nel sistema temperato tutti i semitoni si considerano perfettamente uguali tra loro. E gli inconvenienti e difetti di questo si notano chiaramente con un esempio qualunque, per esempio questo: l'intervallo Do-Re diesis, il quale è *dissonante*, e nel sistema naturale è dato dal rapporto $\frac{75}{64}$, nel sistema temperato è pure dissonante, *se si vuole*, cioè se, rispetto alla tonalità nella quale ci troviamo, l'intervallo è realmente da considerarsi come *seconda aumentata*, Do-Re diesis; chè le stesse due note possono anche, *se si vuole*, formare un intervallo *consonante*, di terza minore, se

nella tonalità in cui ci troviamo debbon considerarsi come Do-Mi bemolle.

Questo fatto dell'esser un intervallo consonante o no, a seconda della tonica a cui lo riferiamo, implica un lavoro psichico che corregge, sforza le facoltà della sensazione: non è più la sensazione consonante o dissonante che dà l'impressione psichica, ma è la nostra mente che impone all'orecchio di sentire in un modo o in un altro, secondo che essa vuole; e questa necessità di violentare il senso uditivo è uno dei più grandi difetti del sistema temperato.

Da numerose esperienze, come quelle compiute dai fisici francesi Corun e Mercadier, dall'italiano Zambiasi e da altri, risulta che quando possiamo produrre i suoni liberamente, obbediamo naturalmente al senso nostro e seguiamo la scala naturale, il sistema fisico; e solamente in certi casi, come specialmente le modulazioni per quinta, si posson preferire alcuni intervalli propri della scala pitagorica; ma che il sistema temperato è il meno accetto al senso nostro: anche per quella tendenza, che ho già detto essere stata sovente notata, che ha il nostro udito a percepire più volentieri, tra suoni successivi, degl'intervalli un poco più grandi del giusto, cioè un poco più vicini a quelli del sistema greco: mentre che nelle combinazioni simultanee dei suoni, cioè per quel che riguarda l'armonia, è la natura che detta legge con la serie dei suoni armonici: e sono gli intervalli del sistema naturale, fondato su quella, che appagano più completamente il senso nostro.



1800 MANUALI HOEPLI

Publicati a tutto Ottobre 1918.

Che cosa sono i Manuali Hoepli?

- I.** — Una raccolta iniziata e continuata col proposito di diffondere in forma piana ma esauriente le lettere, le scienze, le arti e le industrie.
- II.** — I Manuali Hoepli sono sempre compilati da specialisti per ogni materia e sempre, ove occorra, illustrati copiosamente. Con ogni nuova edizione vengono riveduti, corretti ed arricchiti delle aggiunte necessarie per tenerli al corrente dei più recenti progressi della scienza e delle industrie.
- III.** — Nella Collezione dei Manuali Hoepli ognuno può trovare un testo riguardante i suoi studi, e, se mai, rintraccerà sempre uno o più capitoli di suo interesse nei Manuali di indole affine. Testi più esaurienti di scienze pure ed applicate (~~non~~ Manuali, in formato

in-8 grande) si trovano elencati nelle pagine dell'appendice (carta colorata) unita al presente Catalogo.

IV. — I Manuali Hoepli formano un'Enciclopedia perennemente viva di scienze, lettere ed arti, perchè la loro grande diffusione permette all'editore di rinnovarli e rifarli di continuo.

Milvio Hoepli

AVVERTENZE

I libri si spediscono *franchi di porto* nel Regno e nelle Colonie italiane dietro invio dell'importo a mezzo di cartolina vaglia. — Per le spedizioni all'estero aggiungere il *dieci per cento in più* sul prezzo del libro.

Le spedizioni sono fatte con cura e puntualità, ma i volumi non raccomandati viaggiano a *rischio e pericolo* del committente.

Per ricevere i libri raccomandati — *onde evitare smarrimenti dei quali l'editore non si rende responsabile* — aggiungere *centesimi 30 in più*.

Si fanno anche spedizioni contro assegno (eccettuato in zona di guerra ove tali spedizioni non sono ammesse), ma siccome le spese di assegno sono ingenti, è meglio *inviare sempre l'importo anticipato con cartolina vaglia*.

I manuali Hoepli non esistono in brochure; essi sono tutti solidamente ed elegantemente legati.

ELENCO COMPLETO DEI MANUALI HOEPLI

disposti in ordine alfabetico per materia

	L. C.
Abbreviature latine ed italiane (Dizionario di) usato specialmente nel medio evo, di A. CAPPELLI, 2 ^a ediz., di pag. LXVIII-528 (legato in tutta pergamena)	8 50
Abitazioni animali domestici di U. BARPI, 2 ^a ediz. p. XVI-479 e 255 figure	4 50
Abitazioni popolari (Case operaie) di E. MAGRINI, 2 ^a ediz. pag. XVI-465 e 219 incisioni	5 50
Abiti per signora. Taglio e confezione di E. BONETTI — pag. XX-296, 55 tavole (in ristampa)	
Acciai (Lavor. e tempera degli). Indurimento superficiale del ferro e cementazione, di A. MASSENZ, 3 ^a ediz. riveduta, pag. XX-184 con 60 inc.	2 50
Acciai (Tecnica moderna degli), di C. GOFFI. Produzione, lavoraz. a caldo, trattamenti termici, lavoraz. a freddo, proprietà, impiego degli acciai al carbonio e speciali. Manuale per gli operai aggiustatori meccanici pag. XVI-260 con 88 inc. e 3 tav. a colori.	5 50
Acciaio (Tempera e cementaz. dell'), di M. LEVI-MALVANO, di pag. XII-261	5 —
Accumulatori — vedi: Correnti alternate - Illuminazione elettrica - Ingegnere elettricista - Operaio elettrotecnico - Sovratensioni - Ricettario del elettricista.	
Acetilene (L') e le sue applicazioni di S. CASTELLANI e U. ROMANELLI, 3 ^a ediz. di pag. XX-335 e 115 illustr.	4 —
Acido solforico, nitrico, muriatico, ecc. (Fabbricaz. dell') di V. VENDER, (in ristampa).	
Acquaforte (L') di F. MELIS-MARINI, di pag. 178, con 10 tav. e 15 prove originali	3 50
Acqua potabile (Condottura di), di P. BRESADOLA, di p. XVI-334 e 37 fig. (in ristampa).	
Acque minerali e termali d'Italia di L. TIOLI, di pag. XXII-552	5 50
Acque minerali artificiali, acque gazoze, ecc. , di M. GIUA, con 42 illustrazioni.	2 —
Acque sotterranee e giacimenti minerali , di M. GROSSI di pag. XVI-330, con 68 incis. e una tavola	4 50
Acrobatica e atletica di A. ZUCCA, di pag. XXX-267, 100 av. e 42 inc.	8 —

	L. G.
Acustica musicale , di A. TACCHINARDI, di p. XII-189, con 85 inc.	2 50
Adulterazioni del vino e dell'aceto di A. ALOI, di pag. XII-227 e 10 incis.	2 50
Aerostatica, Aeronautica, Aviazione di G. G. BASSOLI, p. VIII-184 e 94 incis. (esaurito).	
Affari (Vademecum dell'uomo di), di C. DOMPÈ, 2ª ediz. di pag. 562	8 50
Aggiustatore meccanico , di F. MASSERO, di pag. XII-263 con 296 inc.	4 50
— Vedi Acciai.	
Agraria — vedi: Abitazioni animali - Agricoltore - Agronomia - Alimentazione del bestiame - Ampelografia - Catasto italiano - Computisteria agraria - Economia fabbricati rurali - Estimo rurale - Geometria pratica - Legislazione rurale - Macchine agricole - Mezzeria - Pomologia - Telemetria - Triangolazioni topografiche e catastali.	
Agricoltore (Prontuario dell') e dell'Ingegnere agronomo, di V. NICCOLI, 6ª ediz., p. XL-588 (in ristampa)	
Agricoltore (Il libro dell'). Agronomia agricoltura, di A. BRUTTINI, 3ª ediz., di p. XXIII-464 (in ristampa).	
Agrimensura (Elementi di) di S. FERRERI-MITOLDI, 2ª edizione, di pag. XVIII-324, con 240 incisioni	3 50
Agronomia di CAREGA di MURICCE, 3ª ed. (esaurito).	
Agronomia e agricoltura moderna di G. SOLDANI, 3ª ediz., di p. VIII-416 (in ristampa).	
Agricoltura — vedi: Botanica - Chimica agraria - Coltivazione piante tessili - Coltura montana - Concimi - Elettricità (L') nella vegetazione - Floricoltura - Frumento e mais - Frutta minori - Frutticoltura - Funghi e tartufi - Gelsicoltura - Giardiniere - Insetti nocivi - Insetti utili - Malattie crittogamiche delle piante erbacee coltivate - Molini - Olivo ed olio - Olii vegetali, animali e minerali - Orticoltura - Piante e fiori - Piante industriali - Pomologia artificiale - Prato - Prodotti agricoli del Tropico - Selvicoltura - Tabacco - Uva passa - Viticoltura.	
Agrumicoltura in Italia (L') e nella Libia , di E. FERRARI, di pag. XIV-228, con 35 tavole	3 50
Albanese parlato . Cenni grammaticali e vocabolario, proverbi, dialoghi, di A. LEOTTI, di p. 433	4 50
Alcool . Fabbricazione e materie prime, di F. CANTAMESSA, 2ª ediz., di p. XII-447	5 —
Alcool industriale , di G. CIAPETTI. Produzione e applicazione, p. XII-262 e 105 figure	4 —
Alcoolismo (L') di G. ALLEVI, di p. XI-221	2 —
Algebra complementare di S. PINCHERLE, 2 vol.	
I. Analisi algebrica, 3ª ediz. di p. VIII-174 con 8 inc.	1 50
II. Teoria delle equazioni, 3ª ediz., p. IV-167 e 4 inc.	1 50
Algebra elementare di S. PINCHERLE, 12ª ediz. di p. VIII-210	1 50
— (Esercizi di) di S. PINCHERLE, 2ª ediz., p. VIII-135	1 50
Alimentazione di G. STRAFFORELLO, di p. VIII-122	2 —
Alimentazione del bestiame di MENOZZI e NICCOLI 2ª ediz. p. XVI-407	5 —

	L.
Alligazione (Tavole di) per l'oro e l'argento di F. BUTTARI, p. XII-220	2 50
Alluminio (L') di C. FORMENTI, di p. XXVIII-324	4 50
Alpi (Le) di I. BALL, traduz. di I. Cremona, p. VI-120	1 —
Alpinismo di G. BROCHEREL, di p. VIII-312	3 —
Amatore (L') di oggetti d'arte e di curiosità di L. DE MAURI, 2ª ediz., di p. XV-720, (in ristampa).	
Amatore (L') di majoliche e porcellane di L. DE MAURI, 2ª ediz. di pag. XVI-843 con 430 incisioni e 43 tavole	12 50
Amatore (L') di miniature in avorio. (Secoli 17, 18, 19). di p. 560, con 22 illustrazioni nel testo e 62 fuori testo delle quali 23 a colori	18 50
Amministrazione comunali, provinciali e opere pie , per Segretari e aspiranti Segretari comunali di E. MARIANI, di p. XXXII-979, legato in pelle.	9 50
Ampelografia . Viti per uve da vino e da tavola, di G. MOLON, p. XLIV-1243, 2 vol.	22 —
Analisi chimica qualitativa di sostanze minerali e organiche , di P. E. ALESSANDRI, 3ª ediz. rifatta di pag. XVI-470 con 55 incis. e 63 tavole	5 50
Analisi chimica qualitativa (Tabelle di) di F. P. TREADWELL. Ediz. ital. con un compendio di ricerche sulla purezza de reattivi ed un cenno sulle soluzioni titolate, per cui di G. PANIZZON, di pag. VII-238	5 50
Analisi chimica quantitativa ponderale e volumetrica , di P. E. ALESSANDRI, 2ª edizione, di pag. XX-662 con 73 incisioni.	8 —
Analisi chimiche per Ingegneri di L. MEDRI, di p. XIV-313 e 80 figure	3 50
Analisi delle urine (L'urina nella diagnosi delle malattie), di F. JORIO (in ristampa). — vedi - Urologia.	
Analisi del vino , di M. BARTH e E. COMBONI, 2ª ed., di p. XVI-140	2 —
Anatomia e fisiologia comparate di R. BESTA, p. VII-229 e 59 incis.	1 —
Anatomia microscopica , di D. CARAZZI, di p. XI-211, con 5 incis.	1 50
Anatomia pittorica , di A. LOMBARDINI, 5ª ediz. a cura di V. LOMBARDINI, di pag. 207, con 56 figure	4 50
Anatomia topografica di G. FALCONE, 3ª ediz., di p. XII-887 e 48 fig.	9 —
Anatomia vegetale di A. TOGNINI, di p. XVI-724	3 —
Anfibi d'Italia (Gli) , di C. VANDONI, di pag. XII-176, con 32 figure.	2 50
Animali da cortile . Polli, Tacchini, Fagiani, Oche, Conigli, ecc., di F. FAELLI, 2ª ediz., di pag. XXIV-388, con 56 incisioni e 19 tavole colorate	6 50
— vedi: Colombi domestici - Conigliicoltura - Fagiani - Malattie dei polli - Pollicoltura - Uccelli canori.	
Animali domestici . — vedi: Abitazione degli - Cammello - Cane - Cani e gatti - Cavallo - Maiale - Porco - Razze bovine - Suinicoltura - Zebra.	
Animali parassiti dell'uomo di F. MERCANTI, di p. IV-179, con 33 incis.	1 50
— Vedi: Insetti delle case.	

	L. G.
Antichità greche, pubbliche, sacre e private , di V. INAMA, 2ª ediz. di p. XV-224 e 19 tav.	2 50
Antichità private dei romani , di N. MORESCHI e W. KOPP, di p. XVI-181, illustr.	1 50
Antichità pubbliche romane , di I. G. HUBERT e W. KOPP, di p. XIV-324	4 50
Antologia provenzale , di E. PORTAL, di p. VIII-674	4 —
Antologia stenografica , di E. MOLINA, (esaurito)	
Antropologia , di S. SERGI, in sostituzione del manuale esaurito, di G. CANESTRINI (in corso di stampa).	
Antropologia criminale , di G. ANTONINI, di pagine VIII-167	2 —
Antropometria , di R. LIVI, di p. VIII-237 e 32 incis.	3 50
Ape latina . Dizionario di frasi, sentenze ecc., cura di G. FUMAGALLI, p. XVI-353	3 50
Apicoltura , di G. CANESTRINI, 8ª ediz. ampliata, a cura di V. ASPREA, pag. VIII-239, con 55 inc.	2 50
Appalti di opere pubbliche , di A. CUNEO, di pag. VIII-571	6 —
Apparecchiatura dei tessuti di lana , di G. STROBINO, di pag. VIII-613, con 404 incisioni.	10 50
Apprendista meccanico , di V. GOFFI, di pagine XVI-315, con 203 incisioni	3 —
Arabo parlato in Egitto . Grammatica e vocabolario, di A. NALLINO, 2ª ediz., di pag. XXVI-551	7 50
Arabo parlato in Libia . Grammatica e repertorio di vocaboli e frasi di E. GRIPPINI, di pag. LII-378	6 —
— vedi: Grammatica Italo-Arabo.	
Araldica (Grammatica), di F. TRIBOLATI, 4ª edizione a cura G. CROLLALANZA (in ristampa).	
— vedi: Vocabolario Araldico.	
Araldica zootecnica di E. CANEVAZZI, di p. XIX-342 e 43 incis.	3 50
Arazzo (L'arte dell') (Gobelins) di G. B. ROSSI, di p. XV-239 e 130 illustr.	5 —
Archeologia e storia dell'Arte greca di I. GENTILE, 3ª ediz. rifatta da S. Ricci, (esaurito).	
— vedi: Atene - Antichità greche - Antichità romane - Epigrafia - Paleografia - Rovine Palatino - Topografia di Roma.	
Architettura italiana antica e moderna , di A. MELANI, 5ª ediz., di p. XXXII-688, con 180 tavole	12 —
— vedi: Stili architettonici.	
Archivista (L'), di P. TADDEI, Man. teorico pratico, di p. VIII-486	5 —
Archivisti (Manuale per gli), di P. PECCHIAL, di pagine VI-229	3 —
Argentatura — vedi: Enciclopedia galvanica - Galvanizzazione - Galvanoplastica - Galvanostegia - Metallochromia - Metalli preziosi - Piccole industrie - Ricettario dell'elettricista.	
Argentina (Repubblica), storia e condizioni geografiche di E. COLOMBO, di p. XII-380	3 50

	L. G.
Aritmetica pratica , di F. PANIZZA, 2ª ediz., di p. VIII-188.	1 50
Aritmetica razionale , di F. PANIZZA, 6ª ediz., di p. XII-210	1 50
— (Esercizi di) F. PANIZZA, di pag. VIII-150	1 50
Aritmetica e geometria dell'operaio , di E. GIORLI, 5ª ed., p. XII-239, 79 inc., 136 esero, 150 probl.	2 50
Armi antiche (Guida del raccoglitore) di I. GELLI di p. VIII-389, 23 tav. e 432 incis.	6 50
Armonia , di G. BERNARDI, 2ª ediz., di pag. XX-338	3 50
Aromatici e nervini nell'alimentazione , di A. VALENTI, di p. XV-338	3 —
Arsenico (L') nella scienza e nell'industria, di L. MAURANTONIO, di p. XII-256	2 50
Arte (L') di distinguere gli Stili , di A. MELANI, di pag. 610, con 260 illustrazioni	12 —
Arte decorativa antica e moderna , di A. MELANI, 2ª ediz. di p. XXVII-551, 89 incis. e 175 tav.	12 —
Arte del dire (Retorica) di D. FERRARI, 9ª ediz. di p. XVI-340	1 50
Arte della memoria . Storia e teoria di B. PLEBANI, 2ª ediz., di pag. XXVI-235 con 13 illustrazioni.	2 50
Arte nei mestieri di I. ANDREANI, in 3 volumi.	
I. Il falegname, 2ª ed. di p. 309, 264 incis. e 25 tav.	3 —
II. Il fabbro, di p. VIII-250, con 266 incis. e 50 tav.	3 —
III. Il muratore, 2ª ediz. di p. VIII-273, con 235 incis.	3 —
Arti grafiche fotomeccaniche , di P. CONTER, 4ª ediz., di p. XII-228, 43 incis. e 8 tav.	3 50
Asfalto (Fabbricazione e applicazione), di E. RIGHETTI, di p. VIII-152 e 22 incis. (in ristampa).	
Assicurazione (Manuale di), di G. ROCCA, p. XIX-634	5 50
Assicurazione in generale , di U. GOBBI, di pagine XII-308	—
Assicurazioni sulla vita , di C. PAGANI, di pagine VI-161	1 50
Assicurazioni e stima danni aziende rurali di A. CAPILUPI, di p. VIII-284 e 17 incis.	2 50
— vedi: Matematica attuariale - Patologia infortuni lavoro - Scienza attuariale.	
Assiriologia . Grammatica, Crestomazia, ecc., di G. BOSON, di pag. 346	9 —
Assistenza e terapia degli ammalati di mente , di M. U. MASINI e G. VIDONI, di p. VIII-233	2 50
Assistenza infermi , di C. CALLIANO, 2ª ediz., di p. XXIV-448 e 7 tav. (esaurito).	
Assistenza degli infermi — vedi: Epidemie esotiche - Malattie infanzia - Malattie dei lavoratori - Malat. paesi caldi - Medicatura antisettica - Medicina sociale - Medicina d'urgenza - Medico pratico - Rimedi - Soccorsi d'urgenza - Tisi - Tisici e sanatori - Tubercolosi.	
Assistenza dei pazzi , di A. PIERACCINI, e pref. di E. Morselli, 2ª ediz., p. XX-279	2 50
Astronomia , di J. N. LOCKYER e G. CELORIA, 5ª ed., di p. XVI-275 e 54 incis.	1 50
Astronomia nautica , di G. NACCARI, 2ª ediz., di p. XVI-348 e 48 fig.	—

Calcestruzzo (Costruzioni in) ed in cemento armato, di G. VACCHELLI, 5 ^a ediz., di p. 407 (in ristampa).	
Calci e cementi , di L. MAZZOCCHI, 4 ^a ediz., di pagine XII-256 e 64 fig.	3 50
Calcolazioni mercantili e bancario — vedi: Affari - Calcoli fatti - Commercianti - Computisteria - Contabilità - Interesse e sconto - Prontuario del ragioniere - Monete inglesi - Ragioneria - Usi mercantili - Valori pubblici.	
Calcoli fatti , 90 tabelle di calcoli fatti di E. QUAIO, 2 ^a ediz. di p. XII-342	4 50
Calcolo dei canali in terra e in muratura , di C. Sandri, di p. VIII-305	4 50
Calcolo infinitesimale , di E. PASCAL:	
I. Calcolo differenz., 4 ^a ediz.	4 50
II. Calcolo integrale, 3 ^a ediz., (in ristampa).	
III. Calcolo delle variazioni e delle dif. finite, 2 ^a ediz. di pag. XII-325	4 50
Esercizi critici di calcolo differenziale e integrale , di E. PASCAL, di p. XVI-275	3 —
Calcolo infinitesimale — vedi ai singoli titoli: Determinanti - Funzioni analitiche - Funzioni ellittiche - Gruppi di trasformazione - Matematiche superiori.	
Caldale a vapore e istrusione ai conduttori , di L. CEI, 3 ^a ediz. di p. XVI-474 e 282 fig.	4 —
Calderaro pratico e costruttore di caldaie a vapore , di G. BELLUOMINI, 2 ^a ediz., di p. XII-243, con 220 inc.	4 —
Calligrafia . Cenni storici e insegnamento di R. PERCOSSI, 2 ^a ediz., di p. XII-151 (esaurito).	
Calore , di E. JONES, trad. Fornari, p. 304 e 98 fig.	3 —
Camera di Consiglio Civile , di A. FORMENTANO, di p. XXXII-574	4 50
Cammello (II) di E. PLASSIO, di pag. XII-303 con 2 tav.	3 —
Campicello scolastico (II). Agricoltura pratica per maestri di AZIMONTI e CAMPI, di p. 186 e 126 incis.	1 50
Candele (L'industria delle). Estrazione e purificazione della Glicerina, del Dott. V. SCANSETTI di p. 450 e 98 inc.	6 —
Cane (II), razze, allevamento, ecc., di A. VECCHIO, 3 ^a ed. con appendice "Le malattie dei cani" di P. A. PESCE, di p. XX-521 e 168 incisioni (in ristampa).	
Cani e gatti , costumi e razze, di F. FAELLI, di p. XX-429 e 153 fig.	5 50
Canottaggio , del Cap. G. CROPPI, di p. XXIV-456, 387 incis. e 91 tavole	7 50
Cantiniere (II) Man. di vinificazione di A. STRUCCHI, 4 ^a ediz., di p. XII-260 e 62 incis. (esaurito).	
Canto (II) nel suo meccanismo, di F. GUETTA, di p. VIII-283 e 24 incis. (in ristampa).	
Canto (Arte e tecnica del), di G. MAGRINI, 2 ^a ed. di p. 166	3 50
Canto gregoriano , di A. OTTOLENGHI, di p. XVI-119	2 —
Caoutchouc e guttaperca , di L. SETTIMI, di pagine XVI-253 e 14 ill.	3 —
Capitano marittimo (II) di G. ALBI, di p. XXIV-665 con 13 fig., 2 quadri fuori testo, 16 tav. a colori e un Dizionario commerciale marittimo in 5 lingue	8 50

Capomastro (Man. del). Impiego di materiali idraulici-cementizi, di G. RIZZI, 3 ^a ediz., di pag. XVI-433 e 32 incisioni nel testo	4 50
Capomastro (II) pratico , G. VIVARELLI (in lavoro).	
Capo-meccanico (II) Nuovo trattato di meccanica industriale, di S. DINARO, di pag. 783 con 136 figure	6 50
Cappellato , di L. RAMENZONI, di p. XII-222 e 68 incis.	2 50
Carboni fossili Inglesi, Coke, Agglomerati , di G. GHERARDI, di p. XII-586 e 5 carte geog. (esaurito).	
Carni conservate col freddo artificiale , di U. FERRETTI, di p. XVI-499 e 83 fig.	5 —
Carta (Industria della), di L. SARTORI, di p. 329 e 106 inc.	7 50
Carte fotografiche . Preparazioni, ecc. di L. SASSI, p. XII-353 (esaurito).	
Carte magiche (Le), Giochi di destrezza, di PH. DE-FRANK, di pag. XII-148 con 36 illustrazioni	2 50
Cartografia . Teoria e storia di E. GELCICH, di p. VI-257, con 36 fig. (esaurito).	
Cartografia — vedi ai singoli titoli: Catasto - Celerimensura - Compensazione errori - Disegno topografico - Estimo - Lettura delle carte - Telemetria - Topografia - Triangolazioni	
Casa dell'avvenire (La). Vade-mecum dei costruttori, ecc. di A. PEDRINI, 2 ^a ed. di p. XVII-917 e 445 fig.	9 50
Casaro (Man. del), di L. MORELLI. Fabbricazione del burro e del formaggio 2 ^a ediz. di p. 275, con 128 inc.	5 50
Casa operaie — vedi: Abitazioni popolari - Casa dell'avvenire - Casette popolari - Città moderna - Fabbricati civili - Progettista moderno.	
Casificio , di G. FASCETTI, storia e teoria della lavorazione del latte, 2 ^a ediz. di p. 717, con 113 incisioni.	12 50
Cassette popolari , villini economici e abitazioni rurali, di I. CASALI, 4 ^a ediz., di pag. VIII-508 con 570 fig.	8 —
Catasto Italiano , di E. BRUNI (in ristampa).	
Catrame (II) e suoi derivati di G. MALATESTA, di pag. 628, con 80 fig.	9 —
Cavalli (L'arte di guidarli) di C. VOLPINI, di pagine XXIV-216 e 100 illustrazioni	6 —
Cavallo (II), di C. VOLPINI, 5 ^a ediz., di p. XX-543, con 93 fig. e 43 tav. a cura di A. GIANOLI	9 —
— Proverbi sul raccolto da C. VOLPINI, di p. XIX-172	2 50
Cavi telegrafici sottomarini , di E. JONA, di p. XVI-338 e 188 fig.	5 50
Celerimensura e tav. logarit. di F. BORLETTI, 2 ^a edizione, di pag. XVI-298 e 30 incisioni	5 —
Celerimensura (Tavole di) di G. ORLANDI, di p. 1200	18 —
Cellulosa, celluloidi, ecc. , di G. MALATESTA, di pag. VIII-176	2 —
Cemento armato — vedi: Calcestruzzo - Calci e cementi - Capomastro - Mattoni - Vocabol. tecnico vol. VIII	
Centrali elettriche — vedi: Correnti alternate - Elettrotecnica - Illuminaz. elettrica - Ingegn. elettricista.	
Ceramiche — vedi: Prodotti ceramici - Maioliche e Porcellane - Fotosmaltografia applicata alle.	

	L. C.
Cere — vedi: Imitazioni e succedanei - Industria s ^t erica - Materie grasse - Merceologia tecnica - Ricettario industriale.	
Chauffeur (Guida del) e conducente d'automobili, e di motori d'aviazione di G. PEDRETTI. 4 ^a edizione di pagine 980 con 905 illustraz. (in ristampa).	
Chauffeur di se stesso . Man. pratico ad uso di chi guida la propria automobile senza chauffeur, di G. PEDRETTI 2 ^a ediz. di pag. 495. con 336 fig. (in ristampa).	
Chimica , di H. E. ROSCOG, 7 ^a ediz. a cura E. Ricci, di pag. VIII-238 (esaurito).	
Chimica (Storia della) di E. MEYER. Ediz. ital. a cura dei Dott. U. e C. GIUA e pref. I. GUTRESCHI, di pagine XXVIII-721	7 50
Chimica agraria , di A. ADUCCO, 3 ^a ediz. di pag. 5/2	4 —
Chimica agraria — vedi: Adulterazione vino - Alcool - Birra - Casaro - Caseificio - Cognac - Densità dei mosti - Distillazione vinacce - Enologia - Fecola - Fermentazione e fermenti - Fosfati - Humus - Liquorista - Malattie vini - Terreno agrario - Zucchero.	
Chimica analitica . di W. OSTWALD, trad. di A. Bosis, 2 ^a edizione, di pag. XVI-296	3 50
Chimica applicata alla igiene — vedi: Analisi chimica qualitativa - Bromatologia - Chimica clinica - Chimica legale - Chimica delle sostanze alimentari - Disinfezioni - Elettrochimica - Farmacista - Igienista - Reattivi e reaz. - Spettrofotometria - Urina - Urologia - Veleni.	
Chimica applicata alle industrie — vedi: Acido solforico - Alcool industriale - Alluminio - Analisi volumetrica - Birra - Chimica sostanze alimentari, coloranti - Chimico - Conservazione prodotti, sostanze - Colori e vernici - Distillazione legno - Enologia - Esplosivi - Gas illuminante - Industria della carta, frigorifera, saponiera, stearica, tartarica, tintoria - Metallocromia - Merceologia - Pirotecnica - Prodotti e procedimenti - Ricettario domestico, dell'elettricista, industriale - Sale e saline - Soda caustica - Specchi - Tintore - Vetro - Zolfo - Zucchero.	
Chimica clinica , di R. SUPINO (in ristampa).	
Chimica industriale e sue applicaz., di C. CLAUDI, di pag. 720, con 264 illustraz. e tavole.	12 —
Chimica fotografica , di R. NAMIAS, 2 ^a ediz.	5 50
Chimica legale (Tossicologia), di N. VALENTINI, di p. XII-243.	2 50
Chimica delle sostanze alimentari , ad uso dei Medici, dei Farmacisti, ecc., di P. E. ALESSANDRI. 2 ^a ediz. di p. XV-627, due tav. e 149 incis.	6 50
Chimica delle sostanze coloranti . (Tintura d. fibre tessili di A. PELLIZZA, di p. VIII-480	6 50
Chimico (Man del) e dell'Industriale di L. GABBA, 5 ^a ediz. colle tavole di H. Will di pag. XXIV-588	6 50
Chimico siderurgico (II) Analisi dell'acciaio e dei prodotti siderurgici, di R. NAMIAS, di p. 252. con inc.	5 50
Chimromanzia e tatuaggio , di G. L. CERCHIARI, di p. XX-232 e 60 ill.	5 50

	L. C.
Chirurgia operativa , di R. STECCHE e A. GARDINI, di p. VIII-322, con 118 inc.	3 —
Chitarra (Studio della), di A. PISANI, di p. XVI-138, 52 fig. e 27 esempi	2 —
Cibi — vedi: Aromatici - Bromatologia - Carni conservate - Conservazione sostanze alim. - Macelli moderni - Gastronomo moderno - Pane - Pasticciere - Pastificio - Patate - Tartufi e funghi.	
Ciclista (Manuale del), di U. GRIONI, 3 ^a ediz., di p. XVI-496, 285 incis. e 8 tav.	5 —
Cinematografia (Guida pratica della) di V. MARIANI, di pag. XXIII-312, con 151 illustraz.	4 —
Città moderna , (La), ad uso degli ingegneri, di A. PEDRINI, di p. XX-510, 194 fig. e 10 tav.	5 —
Città (Costruzione delle) di A. CACCIA, di pag. 299 con 270 incisioni	50
Classificazione delle scienze , di C. TRIVERO, I p. XVI-292	3 —
Climatologia , di L. DE MARCHI, di p. X-291 e 6 carte	1 50
Codice del bollo . Testo unico commentato da E. CORSI, di p. C-564	4 50
Codice cavalleresco italiano , di J. GELLI, 12 ^a ediz. di pag. 336	3 50
Codice civile del Regno , riscontrato e coordinato da L. FRANCHI, 6 ^a ediz. con appendice, p. 243	1 50
Codice di commercio , riscontrato da L. FRANCHI, 6 ^a ediz. di p. 208	1 50
Codice doganale italiano , commentato da E. BRUNI, di p. XX-1078	6 50
Codice dell'Ingegnere Civile, Industriale, Navale, Elettrotecnico , di E. NOSEDA, 2 ^a edizione rifatta, di pag. XXIV-1005	9 50
Codice nuovo del lavoro . Manuale di legislazione sociale, di E. NOSEDA, di pag. XXIII-605	6 50
Codice di marina mercantile , 4 ^a ediz. a cura di L. FRANCHI, di p. IV-290 (in ristampa).	
Codice penale e nuovo codice di procedura penale , a cura di L. FRANCHI, 4 ^a ediz., di p. IV-209	1 50
Codice penale per l'esercito e penale militare marittimo per L. FRANCHI, 5 ^a ediz. colle disposizioni emanate per la Guerra di p. 290	4 50
Codice del perito misuratore , di L. MAZZOCCHI e E. MARZORATI, 3 ^a ediz., di p. VIII-582 e 18 ill.	7 —
Codice di procedura civile , riscontrato da L. FRANCHI, 3 ^a ediz., di p. 181	1 50
Codice del teatro , di N. TABANELLI, di p. XVI-328	3 —
Codici (I cinque) del Regno d'Italia (Civile - Procedura civile - Commercio - Penale e nuovo Codice di Procedura penale), edizione Vade-mecum, a cura di L. FRANCHI, 6 ^a ediz., di pag. 902, legatura imitaz. pelle	7 50
Codici e leggi usuali d'Italia , riscontrati sul testo ufficiale e coordinati e annotati da L. FRANCHI; raccolti in sette grossi volumi legati in pelle.	

	L. C.
Vol. I. Codici - Codice civile - di procedura civile - di commercio - penale - procedura penale - della marina mercantile - penale per l'esercito - penale militare marittimo (<i>otto codici</i>) 4 ^a ed. (in prepar.)	
Vol. II. Leggi usuali d'Italia. Raccolta coordinata di tutte le leggi speciali più importanti e di più recente ed estesa applicazione in Italia; decreti regolamenti, ecc. Parte I. Dalla voce "Abboridi di mare, alla voce "Croce rossa", 3 ^a ediz. di pag. XII-1320	12 50
- Parte II. Dalla voce "Dazio consumo, alla voce "Mutuo soccorso", 3 ^a ediz. pagine 1321 a 2744	12 50
- Parte III. Dalla voce "Navigazione interna, alla voce "Stazzatura, pag. 2725 a 3605	12 50
- Parte IV. Dalla voce "Strade ferrate, a fine (in corso di stampa).	
- Appendice alla 2 ^a ediz. Le leggi dal 15 maggio 1905 al 1 ^o gennaio 1911, di p. 1910 a due colonne, legatura in tutta pelle	10 50
Vol. III. Leggi e convenzioni sui diritti d'autore, raccolta generale delle leggi italiane e straniere di tutti i trattati e le convenzioni esistenti fra l'Italia ed altri Stati. 2 ^a ediz. di p. VIII-617	6 50
Vol. IV. Leggi e convenzioni sulle privative industriali. Disegni e modelli di fabbrica. Marchi di fabbrica e di commercio. Legislazione italiana e straniera. Convenzioni fra l'Italia ed altri Stati, di pagine VIII-1007	6 50
Cognac. Spirito di vino e distillazione delle fecce e d. vinacce, di DAL PIAZ-PRATO. 2 ^a ediz. a cura di A. F. Sannino, di p. XII-210, con 38 incis.	2 --
Coleotteri italiani, di A. GRIPPINI, di p. XVI-334 e 215 incis.	3 --
Collaudazione di materiali, di V. GORFI, di p. XV-260, 25 incis. e 8 tav.	3 50
Colle animali e vegetali, gelatine e fosfati d'ossa, di A. ARCHETTI, di p. XVI-195	2 50
Colombi domestici e colombiocultura, di P. BONIZZI, 3 ^a ediz., di p. X-212 e 26 fig. (in ristampa),	
Colonie. Manuale coloniale, di P. REVELLI, pubblicato per cura della Società di Esplorazioni Geografiche di Milano, di pag. XII-240	3 50
Colonte. Elenco delle località abitate nelle Colonie italiane, di C. TRIVIERIO, di pag. IV-66 con 4 carte geogr.	1 50
Colori (La scienza dei) e (la pittura, di L. GUAITA, 2 ^a ediz., di p. IV-368	3 --
Colori e vernici, ad uso dei pittori di M. MEYER e P. BONOMI DA-PONTE. 5 ^a ediz. del Man. GORINI-APPIANI di pag. XVI-308 con 39 incisioni	3 --
Colori e vernici (Industria dei). Materie prime, fabbricazione, applicazioni, di E. RIZZINI, di pag. XVI-564, con 142 fig. e 10 tav.	6 50
Coltivazione industriale delle piante aromatiche e medicinali di C. CRAVERI, di pagine XXX-307 - 75 incisioni e 24 tavole a colori	10 50

	L. C.
Cultura montana, di G. SPAMPANI, di p. VIII-424 e 171 incis.	4 50
Commerciante (Manuale del), di C. DOMPÈ, 4 ^a ediz., di p. 768	8 50
Commercio (Storia del) di R. LARICE, 2 ^a ed., p. XII-299	3 --
Commercio - vedi ai singoli titoli: Affari - Codice di comm., doganale - Corrispondenza - Geografia economica, commerciale - Produzione e commercio vino - Scrittura affari - Storia del Comm. - Usi mercantili.	
Commissario giudiziale - vedi: Curatore dei fallimenti.	
Compensazione degli errori e rilievi geometrici, di F. CROTTI, di p. IV-160	2 --
Composizione delle tinte nella pittura a olio e ad acquerello, di G. RONCHETTI, di pagine VIII-136	2 --
Computisteria, di V. GITTI. Vol. I. Computisteria commerciale, 9 ^a ediz. di p. 224	1 50
- Vol. II. Computisteria finanziaria, 6 ^a ediz., p. VIII-157	1 50
Computisteria agraria, L. PETRI, (in ristampa).	
Concia delle pelli. L'Arte del conciatore, del cuoio e del pellicciaio, di G. VENTUROLI. 4 ^a ediz., del Manuale di G. GORINI, di pag. XVI-206.	2 50
Concia e tintura delle pelli, di V. CASABURI, di pag. 445 e XXX tabelle	6 --
Conciatore (Manuale del) di A. GANSSER, di pagine XXIV-382 con 22 incisioni e 2 tavole.	4 50
Conciliatore (L'ufficio di Conciliazione) di C. CAPALLOZZA, di p. XLIII-461, con 144 formule di atti	4 50
Concimi, di A. FUNARO, 3 ^a ediz. di p. VIII-306	2 50
Condottura d'acqua potabile, di P. BRESADOLA, di p. XV-334, con 37 fig.	3 50
Congelamenti. Patogenesi e cura del Maggiore Medico P. CASALI e Capitano Medico F. PULLÈ, con prefazione Prof. LUIGI DEVOTO, di pag. XVI-365, con 117 illustrazioni	6 50
Conifere (Le), da rimboscimento, di C. CRAVERI, di pag. XII-322, con 35 figure	4 --
Coniocoltura pratica, di G. LICCIARDELLI. 7 ^a ediz., aumentata di p. 392, con 165 incis. 12 tav. colori	6 50
Conservazione delle sostanze alimentari, di G. GORINI, 4 ^a ediz. a cura Franceschi e Venturoli, di p. VIII-231	2 --
Conservazione prodotti agrari, di C. MANGIARDI, di p. XV-220	2 50
Conserven alimentari (L'industria delle) di G. D'ONOFRIO, di pag. XX-664, con 165 incisioni	5 50
Consigli pratici - vedi: Assistenza infermi - Caffettiere - Infornai lavoro - Liquorista - Medicina d'urgenza - Pasticcere e confettiere - Ricett. domestico - Ricett. d. elettricista - Ricett. fotografico - Ricett. industriale - Ricettario industrie tessili - Ricettario di metallurgia - Soccorsi d'urgenza - Special. medicinali.	
Consoli, Consolati e Diritto consolare, di M. ARDUINO, di p. XV-277	3
Consorzi difesa del suolo. Idrantica, rimboscimento, di A. RABBENO, di p. VIII-296	3 --
Contabilità aziende rurali, di A. DE BRUM, di p. XIV-539	4 50

	L. G.
Contabilità bancaria , di A. FALCO, di pag. XII-289	5 50
Contabilità comunale , di A. DE BRUN, 2 ^a ediz., di p. XVI-850 (esaurito).	
Contabilità domestica per le famiglie e le scuole , di O. BERGAMASCHI — vedi Ragioneria domestica.	
Contabilità e amministrazione imprese elettrotecniche , di F. MIOLA, di p. XVI-262	3 —
Contabilità generale dello Stato , di E. BRUNI 4 ^a ediz., di p. XVI-457	4 50
Contabilità — vedi: Computisteria commerciale, Finanziaria, Agraria - Contabilità comunale, domestica - Contabilità generale dello Stato - Interessi e sconti - Logismografia - Paga giornaliera - Ragioneria - Ragioneria delle Cooperative, Industriale, pubblica - Scritture d'affari - Società di mutuo soccorso.	
Contrappunto , di G. BERNARDI, (in ristampa).	
Contratti e collaudi di lavori edili , di F. ANDREANI, di pag. XVI-355.	3 50
Conversione italiana neo-ellenica , di E. BRIGHENTI, di p. XII-143	2 —
Conversione italiana tedesca , di A. FIORI e G. CATTANEO. 9 ^a ediz., di p. VIII-484	3 50
Conversione francese-italiana , di E. BAROSCHI-SORESINI, 2 ^a ediz., di p. XV-288	3 50
Cooperative rurali , di V. NICCOLI. 2 ^a ediz., di pagine VIII-394	3 50
Cooperazione nella sociologia e nella legislazione , di P. VIRGILII, di p. XII-228	1 50
Corano (II) . Versione letterale italiana, di A. FRACASSI di pag. LXIV-463	6 50
Corano . Testo arabo e versione letterale italiana a fronte, di A. FRACASSI, di pag. LXX-700	11 50
Correnti elettriche alternate, ecc. , di A. MARRO, 3 ^a ediz., di pag. XLVIII-362, 379 inc. e 81 tab.	10 50
Corrispondenza bancaria , di A. FALCO, di pagine VIII-338	4 —
Corrispondenza commerciale poliglotta , Italiana, Francese, Tedesca, Inglese, Spagnuola e Portoghese, di G. FRISONI, in sei parti	
I. Parte italiana, 6 ^a ediz., p. XX-520	8 50
II. spagnuola, 2 ^a ediz., di pag. XXIV-515	5
III. francese, 3 ^a ediz., p. XX-449	5
IV. inglese, di p. XVI-448	8 50
V. tedesca, 2 ^a ediz., di pag. XX-512	5
VI. portoghese di pag. XVI-511	1
Corrispondenza telefonica . Norme di servizio, ecc., di O. FERDOMINI, di p. XII-375	3 50
Corse . Dizionario delle voci più in uso, di G. FRANCESCHI, di p. XII-305	2 50
Corti d'Assise . Guida dei dibattimenti, di C. BALDI, di p. XX-401	3 50
Cosmografia , (Lezioni di) di G. BOCCARDI (in sostituzione del Manuale del LA LETTA), di pag. XII-253, con 20 inc. e 2 tav.	3 —

	L. G.
Costruttore navale , di G. ROSSI, 2 ^a ediz. rifatta, di pag. XVI-817, con 674 figure.	10 50
Costruzioni — vedi: Abitazioni - Appalti - Architettura - Calcestruzzo - Calci - Capomasiro - Casa dell'avvenire - Casette popolari - Città (La) moderna - Codice dell'ingegnere - Contratti e collaudi - Costruzioni enotecniche, lesionate, metalliche, rurali - Fabbricati civili - Fabbricati rurali - Fognatura - Fondazioni terrestri e idrauliche - Imitazioni - Ingegn. civile - Ingegn. costrutt. meccanico - Lavori marittimi - Laterizi - Mattoni e pietre - Muratore - Peso metalli - Progettista moderno - Prontuario agricoltore ingeg. rurale - Resistenza dei materiali - Resist. e pesi di travi metalliche - Riscaldamento - Stime di lavori edili.	
Costruzioni in cemento armato , di G. BALUFFI, di pag. XII-271, con 85 illustr. (in ristampa).	
Costruzioni enotecniche , di S. MONDINI, di p. IV-251, con 53 incis.	3 —
Costruzioni lesionate . Cause e rimedi di I. ANDREANI, di pag. XII-243 con 122 incisioni	3 50
Costruzioni metalliche , di G. PIZZAMIGLIO, di p. L-947, con 1643 incis. e 52 tav.	22 —
Costruzioni rurali in cemento armato , di A. FANTI, 2 ^a ediz. completamente rifatta, di pag. XVI-315, con 160 inc.	4 50
Cotone (Guida per la coltivazione del), di C. TROPEA, p. X-165 e 21 incis.	2 50
Crestomazia neo-ellenica , di E. BRIGHENTI, di p. XVI-405	5 50
Cristallografia , di F. Sansoni, (esaurito, 2 ^a ediz. rifatta da C. Viola, in lavoro).	
Cristoforo Colombo , di V. BELLIO p. IV-136 (esaur.)	
Critografia diplomatica e commerciale , di L. GIOPPI, di p. 177	3 50
Cronologia e calendario perpetuo , di A. CAPPELLI, di p. XXXIII-421	6 50
Cronologia delle scoperte e delle esplorazioni geografiche , di L. HUGUES, di p. VIII-487	5 50
Cronologia e storia medioevale e moderna , di V. CASAGRANDI, 3 ^a ediz. di pag. 262	1 50
Cubatura dei legnami rotondi e quadrati , di G. BELLUOMINI, 11 ^a ediz., di p. VI-229	3 —
Cultura e vita greca (Disegno storico della), di D. BASSI ed E. MARTINI, di p. XVI-791, 107 fig. e 13 tav.	7 50
Cuore (II) . Suoi mali e sue cure, di G. FORNASERI, di pag. XII-421, con 99 figure	5 50
Cuore (Terapia fisica del) di L. MINERVINI, di p. XII-475	5 50
Curatore di fallimenti (Manuale del) e del Commissario Giudiziale, di L. MOLINA (2 ^a ediz. di p. LX-892	8 50
Curve circolari e raccordi . Tracciamento delle curve, di C. FERRARIO, (in ristampa).	
Curve graduate e raccordi per tracciamenti ferroviari , di C. FERRARIO, di p. XX-251 e 41 fig.	3 50

	L. G.
Curve. Tracciamento delle ferrovie e strade, di G. H. A. KRÖHNKE, trad. di L. Loria, 3 ^a ediz. p. VIII-167 . . .	3 50
Dama (Il giuoco della) all'italiana, di L. AVIGLIANO, di pag. 287, con 200 diagrammi e 2 tavole . . .	5 50
Dantologia. Vita e opere di Dante, di G. A. SCARTAZZINI, 3 ^a ediz. a cura N. Scatano, di p. XVI-424 . . .	3 -
Dattilografia. Manuale teorico pratico di scrittura a macchina, di I. SAULLE, di pag. XII-225, con 50 inc. . .	3 -
Dazi doganali del Regno d'Italia (Tariffa dei) al 1 ^o maggio 1909, di G. MADDALENA, di p. 152 . . .	1 50
Debito pubblico italiano, E. BRUNI, di p. XII-444 . . .	3 50
Determinanti e applicazioni, di E. PASCAL, di p. VII-330 (in ristampa).	
Diabete mellito e sua cura di A. RODELLA, 2 ^a edizione di pag. XVI-204 . . .	2 50
Dialetti italiani, grammatica, ecc. di O. NAZARI, di p. XVI-364 (vedi anche Italia dialettale a pag. 31)	
Dialetti letterari greci, di G. BONINO, di pagine XXXII-214 . . .	1 50
Didattica per le scuole normali, di G. SOLI, (2 ^a ediz. in lavoro).	
Dinamica elementare, di G. Cattaneo, di p. VIII-146 . . .	1 50
Dinometri. Misura delle forze e loro azione lungo determinate traiettorie, di L. CAMPAZZI, di p. XX-273 e 132 inc. . .	3 -
Diplomazia e agenti diplomatici, di M. ARDUINO, di p. XII-269 . . .	3 -
Diritti d'autore - vedi: Codici e leggi, Vol. III (pag. 14).	
Diritti e doveri del cittadino, ad uso delle scuole di D. MAFFIOLI, 14 ^a edizione, di p. XVI-230 . . .	1 50
Diritto amministrativo e cenni di Diritto costituzionale, di G. LORIS, 9 ^a ed. di p. XXIII-461 . . .	3 -
Diritto amministrativo - vedi: Beneficenza - Catasto - Codice doganale - Esattore comunale - Giustizia amministrativa - Imposte dirette - Legge sanità - Legislazione sanitaria - Morte vera - Municipalizzazione servizi - Polizia sanitaria - Ricchezza mobile.	
Diritto civile. Compendio di G. LORIS, 7 ^a ed., p. XX-400 . . .	3 -
Diritto civile - vedi: Camera di Consiglio - Codice civile - Codice procedura civile - Codice dell'Ingegneria - Conciliatore - Diritti e doveri - Diritto italiano - Espropriazione - Ipotecche - Lavoro donne - Legge infortuni lavoro - Legge lavori pubblici - Legge registro e bollo - Legislazione acque - Legislazione rurale - Notaio - Prontuario legislativo - Proprietario di case - Storia del diritto - Testamenti.	
Diritto commerciale italiano, di E. VIDARI, 4 ^a ediz. di p. X-448 . . .	3 -
Diritto costituzionale, di F. P. CONTUZZI, 3 ^a ediz., p. XIX-456 (esaurito).	
Diritto ecclesiastico, di G. OLMO, 2 ^a ed., pag. XVI-483 . . .	3 -
Diritto internazionale penale di S. ADINOLFI, di pag. VIII-258 . . .	1 50
Diritto internazionale privato, di F. P. CONTUZZI 2 ^a ediz., di p. XXXIX-626 . . .	4 50

	L. G.
Diritto internazionale pubblico, di F. P. CONTUZZI, 2 ^a ediz., di p. XXXII-412 . . .	3 -
Diritto italiano, di G. L. ANDRICH, di p. XV-227 . . .	1 50
Diritto marittimo italiano, A. SISTO, pag. XII-556 . . .	3 -
Diritto penale romano, di C. FERRINI, 2 ^a ediz., di p. VIII-360 . . .	3 -
Disegnatore meccanico, di V. GOFFI, 6 ^a ediz., di p. XII-532 con 475 fig. . . .	7 50
Disegno (Principi di), e gli stili dell'ornamento di C. BOITO, 6 ^a ediz., di p. XII-182 con 61 inc. e append. di A. MELANI: L'insegnamento dell'arte decorativa di pagine 250 con 50 inc. . . .	6 50
Disegno (Corso di), di J. ANDREANI, 3 ^a ediz., di p. VIII-74 e 80 tav. (in ristampa).	
Disegno (Grammatica del), di E. RONGHETTI, di p. IV-190 con 96 fig. e atlante di 106 tavole . . .	9 50
Disegno assonometrico, di P. PAOLONI, di p. IV-122, 23 fig. e 21 tav., (in ristampa).	
Disegno geometrico, di A. ANTILLI, 4 ^a ediz., di p. XII-88 e 28 tavole . . .	2 -
Disegno - vedi anche Acquaforte - Disegno industriale - Disegno di proiezioni ortogonali - Disegno topografico - Monogrammi - Oreficeria floreale - Ornamenti sulle stoffe - Ornatista - Teoria delle ombre.	
Disegno industriale, di E. GIORLI, 6 ^a ediz., di pag. 406 . . .	5 50
Disegno di proiezioni ortogonali, di D. LANDI, 2 ^a ediz., di p. VIII-152, con 132 figure . . .	2 -
Disegno topografico, di G. BERTELLI, 4 ^a ediz., di p. VI-158, con 12 tav. . . .	2 -
Disinfezione pubblica e privata, di P. E. ALESSANDRI e L. PIZZINI, 2 ^a ediz. di p. VIII-258 e 29 inc. . .	2 50
- vedi Profilassi e disinfezione.	
Distillazione del legno, di F. VILLANI, di p. XIV-312 . . .	4 50
Distillazione delle vinacce, delle frutta fermentate e di altri prodotti agrari, di M. DA PONTE, 3 ^a ediz., di p. XX-326, con 100 fig. . . .	8 50
Ditteri italiani, di P. LIOY, di p. VII-356, con 227 fig. . . .	3 -
Divina Commedia, di DANTE ALIGHIERI in tavole schematiche di L. Polacco, di p. X-152 e 6 tavole diseguate da G. Agnelli . . .	3 -
Dizionario albanese - vedi Albanese parlato.	
Dizionario alpino-italiano, di E. BIGNAMI-SORMANI e C. SCOLARI, di pag. XXII-310 . . .	3 50
Dizionario di abbreviature latine e italiane, di A. CAPPELLI, 2 ^a ediz., di pag. LXVIII-528 . . .	8 50
Dizionario bibliografico, di C. ARLIA, di p. 100 . . .	1 50
Dizionario biografico universale, di G. GAROLLO, due vol di p. 1118 a 2 colonne . . .	20 -
Dizionario di botanica generale, di G. BILANCIONI, di p. XX-926 . . .	10 -
Dizionario dei Comuni e frazioni di Comuni del Regno d'Italia, secondo il Censimento 1911, di C. TRIVIERO, con un elenco delle località abitate nelle Colonie italiane, di pag. XII-512 . . .	5

	L. c.
Dizionario enologico , di A. DURSO-PENNISI, di p. VIII-465 con 161 inc.	5 —
Dizionario Eritreo-Italiano-Arabo-Amarico , di A. ALLORI, di p. XXXIII-203	2 50
Dizionario fotografico in quattro lingue , di L. GIOPPI, di p. VIII-600, 95 inc. e 10 tavole	7 50
Dizionario francese-Italiano , di G. LE BOUCHER, di p. LXIV-556	3 50
Dizionario geografico universale , di G. GAROLLO, 2ª ediz. di p. XII-1451 (esaurito).	
Dizionario Italiano-Giapponese , di S. CHIMENZ, di p. XVIII-219	8 —
Dizionario giuridico — vedi: Dizionario Legale.	
Dizionario Greco moderno-Italiano e viceversa , di E. BRIGHENTI, di p. LX-848-612	15 —
Separatamente:	
Vol. I, Greco moderno-Italiano	9 —
Vol. II, Italiano-Greco moderno	7 —
Dizionario Italiano-Inglese e Inglese-Italiano , di J. WESSELY, 16ª ediz. a cura di G. Rigutini e G. PAYN, di p. VI-226-190	3 —
Dizionario Hoepli della lingua italiana , compilato da G. MARI — vedi Vocabolario.	
Dizionario legale , di S. TRINGALI, di pag. XVI-1386	12 —
Dizionario milanese-italiano e italiano-milanese , di C. ARRIGHI, 2ª ediz., di p. 912	8 50
Dizionario russo — Vedi Vocabolario russo.	
Dizionario di scienze filosofiche , di C. RANZOLI, 2ª ediz. aumentata e corretta, di pag. VII-1252	15 —
Dizionario serbo di BILINICH (in preparazione).	
Dizionario Spagnuolo-Italiano e Italiano-Spagnuolo di G. FRISONI:	
I. Italiano-Spagnuolo. Vol. di 1018 pag. L. 9.50 - leg.	12 50
Dizionario etimologico stenografico , di E. MOLINA, di p. XVI-624	7 50
Dizionario tecnico in 4 lingue , di E. WEBBER, 4 volumi	
I. Italiano-Tedesco-Francese-Inglese, 2ª ediz. di p. XII-533	6 —
II. Deutsch-Italienisch-Französisch-Englisch (3ª ed. in lavoro).	
III. Français-Italien-Allemand-Anglais, 2ª ediz., di p. VI-679	8 50
IV. English-Italian-German-French, 2ª ed. aumentata di oltre 5000 termini di pag. IV-921	12 50
Dizionario italiano-tedesco e ted-ital. , di A. FIORI, 5ª ediz. per G. CATTANEO, (esaurito).	
Dizionario italiano-tedesco e tedesco-italiano , di G. SACERDOTE, di p. XII-470, XXXII-480	6 50
Dizionario universale delle lingue italiana, tedesca, inglese, francese , disposte in un unico alfabeto, di p. 1200	9 50

	L. c.
Dogana — vedi: Codice doganale - Codici e Leggi usuali d'Italia. Vol. II, Parte 1ª - Commercianti - Dazi doganali - Trasporti e tariffe.	
Dottrina popolare in 4 lingue , (Italiana-Francese-Inglese-Tedesca) Motti, frasi, proverbi di G. SESSA, 2ª ediz., di p. IV-112	2 —
Doveri del macchinista navale , di V. GOFFI, di pag. XVI-310	3 50
Droghe e piante medicinali (Materia medica vegetale e animale) di P. A. ALESSANDRINI, 2ª edizione di pag. XV-778, con 207 inc.	9 —
Droghiere (Manuale del), di L. MANETTI, di p. XXIV-522	3 —
Duella (Manuale del), di F. GELLI, 2ª ediz., di pag. VIII-250 e 26 tav.	2 50
— vedi anche Scherma.	
Economia matematica , di F. VIRGILII e C. GARBALDI, i p. XII-210 e 19 inc.	3 —
Economia politica , di W. JEVONS, trad. L. COSSA, 7ª ediz., di p. XV-180	1 5
Elettricità , di FLEEMING JENKIN, traduzione di FERRINI, 5ª ediz. rived., di p. XII-237 (in ristampa).	
Elettricità — vedi: Cavi telegrafici - Contabilità imprese elettrotecniche - Correnti elettriche - Elettricità industriale - Elettrotecnica - Elettrochimica - Elettromotori - Enciclopedia galvanica - Frodi sui misuratori elettrici - Fulmini - Galvanizzazione - Illuminazione - Ingegneria elettricista - Magnetismo - Metallurgia - Onde Hertziane - Operaio elettrotecnico - Pila elettrica - Radioattività - Ricettario dell'elettrocista - Röntgen - Sovra-tensioni - Telefono - Telefonia - Unità assolute.	
Elettricità industriale , di P. JANET, trad. di G. U. BROVEDANI, di p. XX-375 e 163 fig.	4 50
Elettricità e materia , di J. J. THOMSON, trad. di G. FAÈ, di p. XL-299 e 18 fig.	2 —
Elettricità medica , di A. D. BOGGIARDO, di p. X-201, con 54 inc. e 9 tav. (in ristampa).	
Elettricità (Influenza dell') sulla vegetaz. e sui prodotti delle industr. agrarie di A. BRUTTINI, p. XVI-459 e 59 fig.	4 50
Elettricità sorgente di calore . Riscaldamento elettrico domestico di G. LO PIANO, di pag. VIII-183, con 153 illustrazioni	2 50
Elettrochimica , di A. COSSA di p. VIII-104 (esaurito).	
Elettromotori campioni e misura delle forze elettromotrici , di G. P. MAGRINI, di pag. XVI-185 e 73 fig.	
Elettrotecnica , (Principi di) di F. DESSY, di p. XII-123 (in ristampa).	3 —
Elioterapia (L') in alta montagna e trattamento della tubercolosi, di O. BERNHARD, traduzione R. CURTI, di pag. VII-125 con 49 tavole	3 50
Elioterapia (L') nella pratica medica e nell'educazione, di G. B. ROATTA, di pag. XV-155 con 77 tavole	4 —
Eloquenza civile e sacra , L. ASIOLI di p. IV-290	3 —

	L. G.
Embriologia e morfologia generale , di G. CATTANEO, di p. x-242 e 71 fig. (esaurito).	
Embrione umano. Embriogenia e organogenia dell'uomo , di G. FALCONE, di p. xv-431, con 90 inc.	4 50
Emigrazione ed immigrazione , di M. ARDUINO, di p. x-248	3 -
Enciclopedia galvanoplastica, elettrochimica e fotomeccanica , di P. CONTER, di pag. viii-555 e 279 illustr.	7 50
Enciclopedia Hoepli (Piccola) 2ª ediz. completamente rinnovata dal dott. G. GAROLLO:	
Volume I - lettere A-D di pag. x-1522	12 50
Volume II - lettere E-M, pag. 1523 a 3114 (Il Vol. III ed ultimo è in corso di stampa).	16 50
Enciclopedia legale , di S. TRINGALI - vedi Dizionario legale.	
Energia fisica , di R. FERRINI, 2ª ediz., di p. viii-187 e 47 inc.	1 50
Enigmistica. Enimmi, sciarade, rebus, ecc. , di D. TOLOSANI, di p. xii-516 e 29 illustr.	6 50
Enologia , di O. OTTAVI, 3ª ediz. rifatta da A. Strucchi, di pag. 327, con 50 inc.	5 50
Enologia domestica , di R. SERNAGIOTTO, 2ª ediz., di p. xiv-223, con 26 inc.	3 -
Enologia - vedi ai singoli titoli: Alcool - Ampelografia - Adulterazione vino - Analisi vino - Bottale - Cantinere - Cognac - Costruzioni enotecniche - Densità dei mosti - Distillazione - Dizionario enologico - Liquorista - Malattie vini - Mosti - Produzione del vino - Tannini - Uva - Vini bianchi - Vini speciali - Vinificazione - Vino.	
Epidemie esotiche , di F. TESTI, di p. xii-203	2 -
Epigrafia cristiana , di O. MARUCCHI, di p. viii-453, con 30 tav.	7 50
Epigrafia italiana moderna , di A. PADOVAN, di di pag. xxvi-270	3 -
Epigrafia latina , di S. RICCI, di pag. xxxii-448 e 65 tavole	6 50
Epilessia. Etiologia, patogenesi e cura , di P. PINI, di p. x-277	2 50
Equazioni integrali (Teoria delle) di G. VIVANTI, di pagine 414	2 50
- vedi Algebra complementare.	
Equilibrio dei corpi elastici , di R. MARCOLONGO, di p. xiv-316	4 50
Eritrea. Storia, geografia e note statistiche , di B. MELLI, di p. xii-164	2 -
Errori e pregiudizi volgari , di G. STRAFFORRELO, 2ª ediz., di p. xii-196	1 50
Esattore comunale, ad uso dei Ricevitori, ecc. , di R. MAINARDI, 2ª ediz., di p. xvi-480 (esaurito).	
Esercizi e quesiti sull'Atlante geogr. di R. Kiepert , di L. HUGERS, 3ª ediz., di p. viii-203	1 50

	L. G.
Esercizi sintattici francesi , di D. RODARI, di p. xii-403	3 -
Esercizi greci , di A. V. BISCONTI, 2ª ediz., di pag. xxvii-234	3 -
Esercizi di grammatica italiana , di D. FERRARI, di pag. viii-236 (esaurito).	
Esercizi latini , di P. E. CERRETI, di p. xii-333	1 50
Esercizi di traduzione a complemento della gramm. francese , di G. PRAT, 3ª ediz., di p. xii-174	1 50
Esercizi di traduzione a complemento della gramm. tedesca , di G. ADLER, 3ª ediz. di p. viii-244 (esaurito).	
Esplosivi e modi di fabbricarli , di R. MOLINA, 4ª ediz. riveduta e ampliata con trattazione completa degli esplosivi moderni di pag. xxxii-422	5 50
Espropriazioni per causa di pubblica utilità , di E. SARDI, di p. vii-212-83 (esaurito).	
Essenze naturali. Estrazione - Caratteri - Analisi, ecc. , di C. CRAVERI, con 73 figure	5 -
Essenze artificiali. Fabbricazione - Caratteri - Analisi, ecc. , di C. CRAVERI, con 44 figure	3 50
Estetica. Lezioni sul bello , di M. PILO, (in ristampa).	
- Lezioni sul gusto, di M. PILO, di p. xii-255	2 50
- Lezioni sull'arte, di M. PILO, di p. xv-286	2 50
Estimo rurale , di P. FICAL, 2ª ediz., di pag. xvi-308.	3 -
Estimo dei terreni , di P. FILIPPINI, di p. xvi-328	3 -
Etica (Elementi di) , di G. VIDARI, 4ª ediz., di pag. xii-389	4 -
Etnografia , di B. MALFATTI, (esaurito).	
Euclide emendato , di G. SACCHERI, trad. di G. Boccardini, di p. xxiv-126 e 55 fig.	1 50
Evoluzione. Storia e bibliografia evoluzionistica , di C. FENIZIA, di p. xiv-389	3 -
Ex libris italiani (3500) , illustrati da J. GELLI, di p. xii-535, 139 tav. e 757 figure	9 -
Fabbricati civili di abitazione , di C. LEVI, 5ª ediz., di p. xii-516 con 261 inc.	7 50
Fabbricati rurali. Costruzione ed economia , di V. NICCOLI, 4ª ediz., di p. xix-410, con 185 fig.	4 50
Fabbro (II) , di J. ANDREANI, di p. viii-250, 266 fig. e 50 tavole	3 -
Fabbro ferrajo (Manuale del) , di G. BELLUOMINI, 3ª ediz. di p. viii-242 e 233 inc.	2 50
Fagiani. Razze, allevamento , di C. BELTRANDI, di p. viii-182 e 26 fig.	2 50
Falconiere moderno , di G. E. CHIORINO, di p. xv-247, 15 tav. e 80 illustr.	6 -
Falegname (II) , J. ANDREANI, 2ª ed. p. 309, 264 fig., 25 tav.	3 -
Falegname ebanista , di G. BELLUOMINI, 5ª ediz., di pag. xvi-230 con 120 incisioni (in ristampa).	
Farfalle (Le) , di A. SENNA, 24 tav. e testo di pag. 195	8 -
Farmacista (Man. del) , di P. E. ALESSANDRI, 4ª ediz., di p. 984	10 50

	L. G.
Farmacologia e Formulario , di P. PICCININI, di p. VIII-382	3 50
Fecola . Sua fabbricazione e trasformazione in destrina, glucosio, ecc., di N. ADUGGI, di p. XVI-285, con 41 fig.	3 50
Fermentazioni e fermenti , di R. GUARESCHI, di p. XI-350	3 —
Ferrovie e Tramvie . Costruzioni, Materiali, Esercizio, Tecnologie dei trasporti, di P. OPPIZZI, di pagine XXII-1067 con 414 incisioni.	15 —
Ferrovie e Tramvie (I più recenti progressi della tecnica nelle) di P. OPPIZZI, di pag. XIX-291, e 124 inc.	5 50
Ferrovie — vedi: Automobili - Macchinista - Strade ferrate - Trazione ferroviaria - Trazione a vapore - Trasporti e tariffe - Vocabolario tecnico vol. V e VI.	
Fiammiferi e fosforo , di C. A. ABETTI, di p. XII-172, e 5 av.	2 50
Fiori dei prati stabili italiani di A. PUGLIESE, con prefazione di G. Lo Priore, di pag. XII-418	4 50
Figure grammaticali a complemento della grammatica , di G. SALVAGNI, di p. VII-308	3 —
Filatura del cotone , di G. BELTRAMI, di p. XV-558 e 196 inc. (in ristampa).	
Filatura e torcitura della seta , di A. PROVASI, di p. VII-281 e 75 fig.	3 50
Fillossera (La) della vite . Risultati dei nuovi studi italiani, di R. GRANDORI, di pag. XVI-256 e 17 tavole.	3 —
Fillossera e malattie crittogamiche della vite , di V. PREGIION, di p. VIII-302 e 39 fig.	3 —
Films — vedi: Cinematografo.	
Filologia classica, greca e latina , di V. INAMA, 2ª ediz., di p. XVI-222	1 50
Filonauta (Navigazione da diporto), di G. OLIVARI, di p. XVI-286	2 50
Filosofia del diritto , di A. GROPPALI, (in ristampa)	
Filosofia morale , di L. FRISO, 3ª ediz., di p. XVI-380	3 —
Filosofia — vedi ai singoli titoli: Dizionario di scienze filosofiche - Estetica - Etica - Evoluzione - Logica - Psicologica.	
Finanze (Scienza delle), T. CARNEVALI, 2ª ed., p. IV-173	1 50
Flori — vedi: Floricoltura - Garofano - Giardiniere - Orchidee - Orticoltura - Piante e fiori - Rose.	
Flori artificiali , di O. BALLERINI, 2ª ed. di p. XVI-368, con 246 figure	3 50
Fisica , di O. MURANI 10ª ed. accresciuta, di p. XXIII-956	8 —
Fisica cristallografica , di W. VOIGT, trad. di A. SELLA, di p. VIII-392	3 —
Fisica medica . (Fisiologia - Clinica - Terapeutica), di G. P. GOGGIA, pag. XII-954, 300 inc. e una tav. a colori	3 50
Fisiologia , di M. FOSTER, trad. di G. Albini, 4ª ediz. di p. VII-223 e 35 (in ristampa).	
Fisiologia vegetale , L. MONTEMARTINI, p. XVI-230	1 50
Fisionomia e mimica , di G. CERCHIARI, di p. XII-335, 77 inc. e 33 tav.	4 50
Flora delle Alpi, illustrata di O. PENZIG, 2ª ed., di pag. XX-136 con 43 tavole in cromo	8 —
Floricoltura , di G. RODA. 6ª ediz., di p. VIII-284 e 100 inc.	2 50

	L. G.
Flotte moderne , E. BUCCI DI SANTA-FIORA, p. IV-204	5 —
Fognatura biologica (depurazione delle acque luride), di F. LACETTI, di pag. XII-376	4 —
Fognatura cittadina , D. SPATARO, (esaurito).	
Fognatura domestica , di A. CERUTTI, di p. VIII-421 e 200 fig.	4 —
Fondazioni delle opere terrestri e idrauliche e notizie sui sistemi più in uso in Italia , di R. INGRIA, di pag. XX-674 con 409 incisioni	7 50
Fonditore in metalli , di G. BELLUOMINI, 5ª ediz. di A. HASSENZ di pag. 214, con 126 incisioni	3 —
Fonologia italiana , di L. STOPPATO (esaurito).	
Fonologia latina , di S. CONSOLI, di pag. 203	1 50
Fonologia romanza , di P. E. GUARNERIO, di p. 666	12 50
Foreste — Vedi Prontuario del forestale	
Formole e tavole per il calcolo delle riavvolte ad arco circolare , di F. BORLETTI, di p. XII-69	2 50
Formulario scolastico di matematica elementare (aritmetica, algebra, geometria, trigonometria), di M. A. ROSSOTTI, 3ª ediz. riveduta di p. XII-200	2 50
Forno elettrico (La pratica del) di A. TIBURZI, di pag. 270, con 70 incisioni	6 50
Fosfati e concimi fosfatici , A. MINOZZI, (in rist.)	
Fotocromatografia , di L. SASSI, p. XXI-138 e 13 tav.	2 —
Fotografia (i primi passi in), di L. SASSI, 4ª ediz. ampliata di pag. XII-367 con 200 incisioni e 20 tavole	4 —
Fotografia industriale , di L. GIOPPI, di p. XIII-208, con 12 inc. e 5 tav.	3 50
Fotografia per dilettanti . (Come si fa) di C. MUFFONE, 8ª ediz., di p. 540, con 420 inc. e tav.	12 —
Fotografia a colori . Immagini fotografiche a colori ottenute con sviluppi e viraggi su carte all'argento e su diapositive, di L. SASSI, di pag. XVI-153	2 —
Fotografia a colori — vedi Autocromista.	
Fotografia ortocromatica , di C. BONAGINI, di p. XVI-227, 83 fig. e 5 tav.	3 50
Fotografia senza obiettivo , di L. SASSI, di p. XVI-135, 127 inc. e 12 tav.	
Fotografia turistica , di T. ZANGHERI, di p. XVI-279, 84 inc. e 18 tav.	3 50
Fotografia — vedi: Arti grafiche - Autocromista - Carte fotograf. - Dizionario fotograf. - Fotocromatografia - Fotograf. industriale - Fotograf. ortocromat. - Fotograf. per dilettanti - Fotograf. senza obiettivo - Fotograf. turistica - Fotogrammetria - Fotominiatura - Fotosaltografia - Primi passi in fotografia - Processi fotomeccanici - Proiezioni - Ricettario fotograf.	
Fotogrammetria, fototopografia e applicazioni , di P. PAGANINI, di pag. XVI-288, 200 fig.	3 50
Fotominiatura , di F. TUCCARI, pag. X-136 e 53 tav.	3 50
Fotosaltografia applicata , di A. MONTAGNA, di p. VIII-200 e 16 inc.	2 —
Fresatore e tornitore meccanico , di L. DUCA, 4ª ediz. ampliata, di pag. 236, con 31 inc.	3 50
Fruento . Come si coltiva, di E. AZIMONTI, 3ª ediz., di pag. XVI-311, con 88 incisioni e 12 tavole	9 —

	L. C.
Frutta minori. Fragole, poponi, ecc., di A. PUCCI, di pag. VIII-193 e 96 inc.	2 50
Frutticoltura , di D. TAMARO, 6 ^a ed., (in ristampa).	
Fulmini e parafulmini , di G. CANESTRINI, di pag. VIII-166 (2 ^a edizione in corso di stampa).	
Fungli mangerecci e velenosi , di F. CAVARA, di p. XVI-192, e 43 tavole, (in ristampa).	
Furetto. Allevamento e ammaestramento, di G. LICCIARDELLI, di p. XII-172 e 39 fig.	2 50
Funzioni analitiche , di G. VIVANTE, di p. VIII-432	4 50
Funzioni ellittiche , di E. PASCAL, di p. 240	1 50
Funzioni poliedriche e modulari , di G. VIVANTI, di p. VIII-437	3 —
Galvanizzazione, pulitura e verniciatura del metalli , di F. WERTH, 3 ^a edizione rifatta, di pag. XXVII-700, con 309 incisioni.	9 —
Galvanoplastica in rame, argento, oro, ecc. di F. WERTH, 2 ^a ediz., di p. XIV-333, con 167 inc.	5 —
Galvanostegia , di I. GHERSI, 2 ^a ediz., rifatta da P. CONTER, di p. XII-333	3 50
Garofano (Dianthus). Coltura e propagazione, di G. GIRARDI e A. NONIN, di p. VI-179, con 98 inc. e 2 tav.	2 50
Sastronomo moderno (II) , di E. BORGARELLO, con 200 Menus, di p. VI-411	3 50
Gas illuminante (Industria del) , di V. CALZAVARA, di p. XXXII-672 e 375 fig. (esaurito).	
Gelati, dolci freddi, bibite refrigeranti, conserve di frutta , di G. CIOCCA, di pag. XIX-220 con 146 illustrazioni	3 —
Gelsicoltura , di D. TAMARO, 2 ^a ediz., di p. 274 e 80 inc.	2 50
Geografia , di G. GROVE, trad. di G. GALLETTI, 2 ^a ed., di p. XII-160 e 26 fig.	1 50
Geografia classica , di H. TOZER, trad. di I. Gentile, 5 ^a ediz., di p. IV-168	1 50
Geografia commerciale economica universale , di P. LANZONI, 5 ^a ediz. (in ristampa).	
Geografia economica sociale d'Italia , di A. MARIANI, di p. XXVIII-477	4 50
Geografia fisica , di A. GEIKIE, trad. di A. Stoppani, 5 ^a ediz., di p. IV-132 e 20 inc. (esaurito).	
Geologia , di A. GEIKIE, trad. di A. Stoppani, 5 ^a ediz., a cura G. Mercalli, di p. XII-180 e 49 inc.	3 —
Geologo (II) in campagna e nel laboratorio , di L. SEGUENZA, di p. XV-305	3 —
Geometria analitica, I. Il metodo delle coordinate, di L. BERZOLARI, di p. XVI-409 e 54 fig.	3 —
Geometria analitica, II. Curve e superficie del secondo ordine, di L. BERZOLARI, di pag. 439, con 19 inc.	3 —
Geometria descrittiva (Elementi di) , di C. RANDELLETTI, di pag. XII-197, con 141 incisioni (in rist.).	
Geometria descrittiva (Applicazioni di) , di C. RANDELLETTI, di pag. XII-201, con 133 figure	2 —

	L. C.
Geometria descrittiva (Metodi della) , di G. LORIA, di p. XVI-325 e 102 fig. (in ristampa).	
— vedi: Poliedri, curve e superficie , di G. LORIA, di p. XVI-231	3 —
Geometria elementare (Complementi) , di C. ALASIA, di XV-244 e 117 fig.	1 50
Geometria e trigonometria della sfera , di C. ALASIA, di p. VIII-208 e 34 fig.	1 50
Geometria metrica e trigonometria , di S. PINCHERLE, 8 ^a ediz., di p. IV-160	3 —
Geometria pratica , di E. EREDE, 4 ^a ediz., di p. XVI-258 e 34 inc.	1 50
Geometria proiettiva del piano e della stella , di F. ASCHIERI, 2 ^a ediz. (esaurito).	
Geometria proiettiva dello spazio , di F. ASCHIERI, 2 ^a ediz., di p. VI-264 e 16 fig.	1 50
Geometria pura elementare , di S. PINCHERLE, 8 ^a ediz., di p. VIII-176, con 121 fig.	3 —
Geometria elementare (Esercizi) , di S. PINCHERLE, 2 ^a ediz. di p. VIII-136, con 50 fig.	1 50
Geometria elementare. Problemi e metodi per risolverli , di I. GHERSI, 2 ^a ediz. con 311 problemi e esercizi, di pag. VI-271 e 185 figure.	2 50
Gesu (Vita di) , di L. ASIOLI, 2 ^a ediz. riveduta, con una carta topografica della Terra Santa, di pag. XII-253	3 —
Giacimenti minerali e acque sotterranee (Ricerca dei) , di M. GROSSI, di pag. XVI-380	4 50
Giardinere (Il libro del) , di A. PUCCI, 2 volumi, I. Il giardino e la coltura dei fiori, 2 ^a ediz., di pagine XI-317 e 144 incisioni.	3 50
II. La coltivazione delle piante ornamentali da giardino, 2 ^a ediz., di p. VIII-325 e 186 inc.	3 50
Giardino infantile , di P. CONTI, di p. IV-213 e 27 tav.	3 —
Ginnastica (Storia della) , di F. VALLETTI, di pag. VIII-184	1 50
Ginnastica femminile , di F. VALLETTI, di p. VI-12 e 67 fig.	2 —
Ginnastica da camera, da scuola e palestra , di J. GELLI, 2 ^a ediz., di p. VIII-168, con 253 fig. gioielleria, oreficeria, oro, argento e platino — vedi ai singoli titoli: Orefice - Leghe metalliche - Metallurgia dell'oro - Metalli preziosi - Saggiatore - Tavole alligazione.	2 50
Giocchi — vedi: Biliardo - Dama - Tennis - Scacchi.	
Giocchi ginnastici per le scuole e per il popolo , di F. GABRIELLI, 2 ^a ediz., di pag. XXIII-217 con 24 illustrazioni.	2 50
Giocchi sportivi. Calcio (Foot-Ball) - Rugby - Water-Polo - Pallone - Palloncino - Tamburello - Tennis - Hockey - Trucco - Pilotta - Sfratto - Golf - Kriket e Vigoro - Bigliardo - Bocce), di G. FRANCESCHI, 2 ^a ediz. interam. rifatta del Manuale "Il gioco del Pallone e gli altri affini", di p. XII-180, con 31 illustrazioni.	3 50
Sfratto (Manuale dei) , di A. SETTI, 2 ^a ediz., di p. 260	2 50
Giurisprudenza — vedi: Amministrazioni comunali - Avarie - Camera di Consiglio - Codici - Conciliatore - Curatore fallimenti - Digesto - Diritto - Economia	

	L. G.
Finanze - Giurato - Giustizia - Leggi - Legislazione - Mandato commerciale - Notaio - Psicopatologia legale - Polizia giudiziaria - Prontuario tecnico legislativo - Ragion. - Socialismo - Strade ferr. - Testamenti. Giustizia amministrativa (Principi fondamentali e procedura), di C. VITTA (esaurito).	
Glicerina — vedi: Candele.	
Glottoleggia, di G. DE GREGORIO, di p. XXXII-318	3 —
Gnomonica. L'orologio solare a tempo vero, di G. BORTINO BARZIZZA, p. VIII-199, 33 inc. (sost. il LA LETTA)	2 50
Gomme, Resine, Gomme-resine e Balsami, di L. SETTIMI, di p. XVI-373 e 17 fig.	4 50
Grafologia, di C. LOMBROSO, (esaurito).	
Grammatica albanese, di V. LIBRANDI, p. XVI-200	3 —
Grammatica albanese — vedi Albanese parlato.	
Grammatica catalana con esercizi pratici e Dizionario di G. FRISONI, di pag. XXIV-279	3 —
Grammatica croato-serba, G. ANDROVIC, (esaur.)	
Grammatica danese-norvegiana, di G. FRISONI, di p. XX-488	4 50
Grammatica ebraica, di I. LEVI fu I. 2ª edizione, di pag. IV-200	2 50
Grammatica egiziana antica, geroglifica, di G. FARINA di p. VIII-185	4 50
Grammatica francese, G. PRAT, 4ª ed., (ristampa).	
Grammatica galla (Oromonica), di E. VITERBO, 2 vol. I. Gallia-italiano, di p. VIII-152	2 50
II. Italiano-galla, di p. LXIV-106	2 50
Grammatica greca, di V. INAMA, 2ª ed. (in ristampa)	
Grammatica del greco-moderno, di R. LOVERA, 2ª ediz., di p. VI-220 (in ristampa).	
Grammatica inglese, L. PAVIA, 4ª ediz. di pag. 288	3 —
Grammatica Italo-Araba con vocabolario comparativo tra l'Arabo letterario e il Dialetto libico, di G. SCIALHUB, di pag. XVI-389	7 —
Grammatica Italiana, di C. CONCARI, rivista da G. B. MARCHESI, 4ª ediz., riveduta e corredata di esercizi di applicazione del Prof. D. FERRARI, dip. VIII-201	1 50
Grammatica Italiana (Esercizi di), per le scuole secondarie, di D. FERRARI, (in ristampa).	
Grammatica latina, L. VALMAGGI, 2ª ed., p. VIII-256	1 50
Grammatica magiara, di A. ALY-BELFADEL, di p. XIX-332	3 —
Grammatica olandese, di M. MORGANA, p. VIII-224	3 —
Grammatica persiana, A. DE MARTINO, p. VI-207	3 —
Grammatica portoghese-brasiliana, di G. FRISONI, 3ª ediz., di p. XVI-356	3 50
Grammatica provenzale, di E. PORTAL, di pagine VIII-232	1 50
Grammatica della lingua romena, R. LOVERA, 3ª ed. con l'aggiunta di modelli di lettere e di un vocabolario delle voci più usuali, di pag. VIII-211	2 50
Grammatica russa di VOINOVICH, di pag. XII-272	3 —
— vedi anche: Lingua russa - Vocabolario russo.	
Grammatica serba di B. GUYON, (in corso di stampa).	
Grammatica slovena, di B. GUYON, 2ª ediz. ampliata, di pag. 363	5 50

	L. G.
Grammatica somala. Elementi di Somalo e di Kisuhili parlato al Benadir, di E. CAROFORO di pagine VIII-154	2 50
Grammatica spagnuola, di L. PAVIA, 4ª ediz., di p. XII-194 (in ristampa).	
Grammatica storica della lingua e dei dialetti italiani, di F. D'OVIDIO e G. MEYER-LÜBCK, trad. di E. Polcari di p. XII-301 (in ristampa).	
Grammatica svedese, di E. PAROLI, di p. XV-293	3 —
Grammatica tedesca, L. PAVIA, 4ª ed. di p. XX-296	3 —
Grammatica turco-osmanli, di L. BONELLI, di p. VIII-200 (esaurita).	
Gravitazione. Spiegazione delle perturbazioni solari, di G. B. AIRY, trad. F. PORRO, di p. XXII-176 e 50 fig.	1 50
Grecia antica — vedi: Antichità greche - Archeologia - Atene - Cultura greca - Mitologia greca - Monete greche - Storia antica.	
Greco moderno — vedi: Conversazione ital.-neocellenica - Crestomazia - Grammatica - Dizionario.	
Gruppi continui di trasformazioni, di E. PASCAL, di p. XI-378	3 50
Guida numismatica universale, di F. GNECCHI, 4ª ediz., di p. XV-612	8 —
Humus. Fertilità e igiene dei terreni, di A. CASALI, di p. XVI-210	2 —
Idraulica, di E. ZENI, 2ª ediz. rifatta del Manuale di T. Perdoni, di p. XXXI-480, 290 fig. e 3 tav.	7 50
— vedi: Fondaz. terrestri e idrauliche. - Sistemaz. torrenti.	
Idraulica fluviale, di A. VIAPPANI, p. XI-259, 92 fig.	4 50
Idrobiologia applicata, di F. SUPINO, di pag. 290 con 134 incisioni	3 50
Idroterapia, di G. GIBELLI, di p. IV-238 e 30 inc.	2 —
Igiene della bocca e dei denti, di L. COULLIAUX, di p. XVI-330 e 23 fig. (in ristampa).	
Igiene del lavoro, di A. TRAMBUSTI e G. SANARELLI, di p. VIII-262 e 70 inc.	2 50
Igiene della mente e dello studio, di G. ANTONELLI, di p. XXIII-410	3 50
Igiene ospedaliera, di C. M. BELLI:	
Vol. I. - Costruzioni degli Ospedali-Ospizi e stabilimenti affini, di pag. VII-503, con 253 incisioni	6 50
Vol. II. - Ordinamento dei servizi negli ospedali, di pag. 366, con 167 incisioni	5 —
Igiene della pelle, di A. BELLINI, (in ristampa).	
Igiene del piede e della mano. Feticure e manicure, di G. ANTONELLI, di p. XVI-459 e 33 fig.	4 50
Igiene della vita pubblica e privata, di G. FARALI (in ristampa).	
Igiene privata e medicina popolare, di C. BOCK, 3ª ediz. ital. di G. GALLI, di pag. XVI-303	2 50
Igiene rurale, di A. CARRAROLI, di p. X-470	4 50
Igiene scolastica, di A. REPOSSI 2ª ediz., p. IV-246	2 —
Igiene della scuola e dello scolaro, di M. RAZZAZZI, di pag. XII-386	4 50

	L. G.
Igiene sessuale ad uso dei giovani e delle scuole , di G. FRANCESCHINI, 2 ^a ediz. di p. XII-182	3 —
Igiene del sonno , di G. ANTONELLI, di p. VI-224	2 —
Igiene veterinaria , di U. BAREI, di p. VIII-221	2 —
Igiene della vista , di A. LOMONACO, di p. XII-272	2 50
Igienista (Manuale dell'), ad uso degli Ufficiali sanitari, studenti, ecc., dei dott. C. TONZIG e G. Q. RUATA, di p. XII-374 e 243 fig.	5 —
Igroscoopi, igrometri, umidità atmosferica , di P. CANTONI, di p. XII-142 e 24 fig.	1 50
Illuminazione elettrica. Impianti ed esercizi , di E. PIAZZOLI, 6 ^a ediz., p. XII-955, 468 fig. (in ristampa).	
Imbalsamazione umana , di F. DI COLO, di p. X-174 e 15 fig.	2 50
— vedi: Naturalista preparatore.	
Imbianchino decoratore , D. FRAZZONI, p. X-193	2 50
Imenotteri, neurotteri, pseudoneurotteri, ortotteri e rincoti , di E. GRIFFINI, di p. XVI-687 e 243 fig.	4 50
Imitazione di Cristo , di G. GERSENO, volgarizzazione di C. GUASTI e note di G. M. ZAMPINI, 2 ^a ediz. di pag. L-462	5 50
Imitazioni — vedi Prodotti e procedimenti nuovi.	
Immunità e resistenza alle malattie , di A. GALLI-VALERIO, di p. VIII-218	1 50
Impianti elettrici a correnti alternate , di A. MARRO, 3 ^a ediz., di pag. XLVIII-862, con 379 incisioni e 81 tabelle	10 50
Imposte dirette. Riscossione, ecc. , di E. BRUNI, di p. VIII-158	1 50
Incandescenza a gaz. Fabbricazione reticelle , di L. CASTELLANI, di p. X-140 e 33 inc.	2 —
Inchiostri da scrivere , R. GUARESCHI, p. VIII-162	3 50
Industria frigorifera , di P. ULIVI, 2 ^a ediz., di p. XVI-272 e 74 fig.	4 —
Industria dei saponi — vedi: Saponi.	
Industria tartarica , di G. JAPETTI, di p. XV-276 e 52 fig.	3 —
Industria tessile. Analisi e fabbricazione dei tessuti tinti in filo e tinti in pezza , di F. Fachini, di pagine XII-211, con 30 incisioni	2 50
Industria tintoria , di M. PRATO, p. XXI-292, e 7 fig.	3 —
Industrie (Piccole), di I. GHERSI, 3 ^a ediz., di p. XII-388	4 50
Infanzia — vedi: Rachitide - Malattie dell' - Giardino infantile - Nutrizione - Ortofrenia - Posologia - scodomuto.	
Infermieri (Istruzioni per gli) — vedi: Assistenza.	
Infezione — vedi: Disinfezione - Medicatura antisettica.	
Infortuni sul lavoro. (Mezzi tecnici per prevenirli) , di E. MAGRINI, di pag. 285 con 257 incisioni.	3 —
Infortuni in montagna. Manuale per gli alpinisti , di O. BERNHARD, trad. R. Curti, di p. XVII-60, e 55 tav.	3 50
Ingegnere civile e industriale (Manuale dell')	

	L. G.
di G. COLOMBO, 36 ^a e 37 ^a ediz. (101 e 106 ^a migliaio), di pagine 494, con 236 fig.	9 —
Ingegnere costruttore meccanico , di C. MALAVASI, 3 ^a ediz. di pag. XXXIV-862, con 1564 fig.	12 50
Ingegnere elettricista , di A. MARRO, 2 ^a ediz., di XXXV-862 e 254 fig. (in ristampa).	
Ingegnere navale , di A. CIGNONI, di pag. 324 e 36 fig.	5 50
Insegnamento dell'italiano , di G. TRABALZA, di p. XVI-254	1 50
Insetti delle case e dell'uomo e malattie che diffondono , con riguardo al modo di difendersene nelle città, nelle campagne, al fronte, di A. BERLESE, p. XII-293, con 100 inc.	4 50
Insetti nocivi all'agricoltura e alla selvicoltura , di C. CRAVERI, di pag. x-481, con 229 fig.	4 —
Insetti utili , di F. FRANCESCHINI, p. XII-160, (esaurito).	
Interesse e sconto , di E. GAGLIARDI, 3 ^a ed., di p. 209	2 —
Invecchiamento artificiale dei vini, aceti e spiriti di A. DURSO-PENNISI, di pag. 185, con 35 inc.	2 50
Inventore (Guida dell'), di I. GHERSI. Consigli, istruzioni, leggi, di pag. XII-511	5 —
Invenzioni utili (Piccole), di S. PAOLETTI, di p. XVI-252 e 156 fig.	3 50
Ipoteche (Man. per le), di A. RABBENO (in ristampa).	3 —
Islamismo , di I. PIZZI, di p. VIII-494	3 50
Italia dialettale di G. BERTONI, di pag. 257	5 50
Ittiologia italiana , di A. GRIFFINI, di p. 487 e 244 fig.	
Jucche (Le), di G. MOLON, di pag. VIII-247, con 53 tavole in nero e 8 colorate	6 50
Laminazione del ferro e dell'acciaio , di M. BALSAMO, di p. VIII-139, 50 fig. e 5 tav.	2 —
Laterizi , di G. REVERE, di p. XII-298 (in ristampa).	
Latino volgare (II), di C. H. GRANDGENT, traduzione di N. MACCARONE, di pag. XXIV-298.	3 —
Latte e latterie sociali cooperative , di E. REGGIANI, di p. XII-444, con 96 fig.	5 —
Lavorazione dei metalli , di C. ARPESANI, 2 ^a ediz. rinnovata, di pag. XVI-603, (in ristampa).	
Lavorazione dei legnami , di C. ARPESANI, 2 ^a ediz. (in corso di stampa).	
Lavori femminili , di T. e F. ODDONE, di p. VIII-543, 822 inc. e 48 tav.	7 —
Lavori femminili — vedi anche: Abiti per signora - Biancheria - Macchine da cucire - Monogrammi - Trine a fuselli.	
Lavori marittimi e impianti portuali , di F. BASTIANI, di p. XXIII-424, con 209 fig.	6 50
Lavori in terra , di E. LEONI, di p. XI-305 e 38 fig.	3 —
Lavoro donne e fanciulli. Legge, regolamento con note di E. Nosedà, di p. XV-174	1 50
Lawn-Tennis — vedi: Tennis.	
Lectures françaises et thèmes italiens , di J. PRAT, di pag. VI-158	1 50
Legatore di libri , di G. G. GIANNINI, 2 ^a ediz. ampliata, di pag. 263, con 27 tavole di cui 2 a colori	5 50
Legge comunale e provinciale , annotata da E. MAZZOCCELLO, 7 ^a ediz. (in corso di stampa).	

	L. C.
Legge elettorale politica (La nuova), accuratamente riveduta sul testo ufficiale	0 50
Legge sugli infortuni sul lavoro , di A. SALVATORE, di p. 312	3 —
Legge sui lavori pubblici e regol. , di L. FRANCHI, di p. IV-110-XLVIII (esaurito).	
Legge Notarile (La nuova) e Regolamento Settembre 1914, commentata da E. BRUNI, di pag. XII-571	4 50
Legge sull'ordinamento giudiziario , di L. FRANCHI, di p. IV-92-CXXVI	1 50
Leggende popolari , di E. MUSATTI, 3 ^a ediz., di p. VIII-131	1 50
Leggi — vedi: Codici.	
Leggi sulla sanità e sicurezza pubblica , di L. FRANCHI, di p. IV-103-XCII	1 50
Leggi sulle tasse di registro e bollo , di L. FRANCHI, di p. IV-124-CII (esaurito).	
Leghe metalliche ed amalgame , di I. GHERSI, 2 ^a ediz., di p. XII-433 e 22 ff.	4 —
Legislazione agraria italiana Codice della) di E. VITA, di pag. XXVII-713	8 —
Legislazione sulle acque , di D. CAVALLERI, di p. XV-274	2 50
Legislazione rurale , di E. BRUNI, 3 ^a ediz., di p. XII-450	4 50
Legislazione sanitaria italiana , di E. NOSEDA, di p. VIII-570	5 —
Legnami indigeni ed esotici. Usi e provenienze , di O. FOGLI, di p. VIII-197, con 37 fig.	2 50
Lepidotteri italiani , di A. GRIFFINI, di p. XIII-248, con 149 fig.	3 —
Letteratura albanese , di A. STRATICÒ, di pag. XXIV-280	3 —
Letteratura americana , di G. STRAFFORELLO, di p. 158	1 50
Letteratura araba , di I. PIZZI, di p. XII-388	3 —
Letteratura assira , di B. TELONI, di p. XV-266	3 —
Letteratura bizantina (Storia della) (324-1453) di G. MONTELATI, di pag. VIII-292	3 —
Letteratura drammatica , di C. LEVI, di pag. XII-339	4 50
Letteratura ebraica , 2 volumi, di A. REVEL, di p. 364	3 —
Letteratura egiziana , di L. BRIGIUTI, (in lavoro).	
Letteratura francese , dalle origini ai nostri giorni, di G. PADOVANI, di pag. XX-525	4 50
Letteratura e cretomanzia giapponese , di P. ARCANGELI, di pag. XVI-299	3 50
Letteratura greca , di V. INAMA, 13 ^a ediz. ampliata ed in parte rifatta da D. BASSI e E. MARTINI, p. XVI-316	3 —
Letteratura indiana , di A. DE GUBERNATIS, di p. VIII-159 (esaurito).	
Letteratura inglese , di F. A. LAING e I. CORTI, di pag. VIII-208	3 —

	L. C.
Letteratura italiana , di C. FEMINI, 6 ^a ediz. rifatta da V. Ferrari, di p. XII-263 (in ristampa).	
Letteratura italiana moderna e contemporanea , di V. FERRARI, 3 ^a ediz., di p. VIII-340	3 —
Letteratura italiana. Insegnamento pratico , di A. DE GUARINONI, di p. XIX-336	3 —
Letteratura norvegiana , di S. CONSOLI, di p. 238	1 50
Letteratura persiana , di I. PIZZI, di p. X-208	1 50
Letteratura provenzale moderna , di E. PORTAL, di p. XVI-221	1 50
Letteratura romana , di F. RAMORINO, 8 ^a ediz. di p. VIII-349	3 —
Letteratura rumena , di R. LOVERA, di p. X-199	1 50
Letteratura spagnuola , di B. SANVISENTI, di p. XVI-202	3 —
Letteratura tedesca , di O. LANGE, 3 ^a ediz. ital. di R. Minutti (in ristampa).	
Letteratura ungherese , di ZIGANY-ARPA, di p. XII-205	1 50
Letteratura universale , di P. PARISI, di pag. 399	3 —
Letterature slave , di D. CIAMPOLI, 2 vol. I. Bulgari Serbo-Croati, Jugo-Russi, di p. IV-144	1 50
II. Russi, Polacchi, Boemi, di p. IV-142	1 50
Lignite, legno e torba , di G. MALATESTA e G. GUARDABASSI, di pag. 406, con 92 fig. nel testo.	7 50
Lettura delle carte topografiche , di A. FERRARI, di pag. XII-365, con 98 incisioni e 10 tavole	5 50
Limnologia. Studio dei laghi , di G. P. MAGRINI, di p. XV-212 e 53 fig.	3 —
Lingua cinese parlata , di F. MAGNASCO, di p. 130	2 —
Lingua giapponese parlata , di F. MAGNASCO, di p. XVI-110	2 50
Lingua gotica , di S. FRIEDMANN, di p. XVI-833	3 —
Lingua italiana — vedi: Arte del dire - Corrispondenza - Dialetti - Enciclopedia Hoepli - Figure grammaticali - Grammatica - Insegnamento d. italiano - Italia dialettale - Morfologia - Ortoepia - Retorica - Ritmica - Verbi italiani - Vocabolario ital.	
Lingua latina — vedi: Abbreviature latine - Ape latina - Epigrafia - Esercizi - Filologia classica - Fonologia - Grammatica - Latino volgare - Letteratura romana - Metrica - Sinonimi lat. - Verbi.	
Lingua russa. Grammatica ed esercizi , di P. G. SPERANDEO, 4 ^a ediz. di p. IX-274	4 —
— vedi: Grammatica russa - Vocabolario russo e italiano.	
Lingue dell'Africa , di C. CUST, trad. di A. De Gubernatis, di p. IV-110	1 50
Lingue germaniche — vedi: Grammatica danese-norvegiana, inglese, olandese, tedesca, svedese.	
Lingue neo-elleniche — vedi: Conversazione - Cretomanzia - Dizionario greco mod.	
Lingue slave — vedi Grammatica croato-serba, Grammatica slovena, Grammatica albanese, L'albanese parlato.	
Lingue neo-latine , di E. GORRA. (2 ^a ediz. in lavoro).	

	L. C.
Lingue straniere , di C. MARCEL, trad. di G. DAMIANI, di p. XVI-136	1 50
Linguistica — vedi Grammatica storica della lingua Figure (Le) grammaticali - Verbi italiani.	
Liquorista , di A. CASTOLDI, 2000 ricette pratiche, 3ª ediz. rifatta del Man., A. Rossi, pag. XVI-731 e 19 inc.	9 —
Litografia , di C. DOYEN, di p. VIII-261, con 8 tav.	4 —
Livellazione pratica , di A. VEGLIO, p. XII-129, 47 fig.	2 —
Locomobili e trebbiatrici . Man. pel conduttore, di L. CRI. 3ª ediz. di p. XVI-376, 227 fig. e XXXVII tab.	3 —
Logaritmi a 5 decimali , di O. MULLER, 13ª ediz. a cura di M. RAINA. di p. XXXVI-191	1 50
Logica , di W. JEVONS, trad. G. CANTONI. 5ª ediz., di p. VIII-156, con 15 fig.	1 50
Logica matematica , di C. BURALI-FORTI, p. VI-158	1 50
Logismografia , di C. CHIESA, 4ª ediz. con note del prof. A. MASETTI di p. XV-196	1 50
Lotta greco-romana con cenni storici sulla Storia della lotta, di A. COUGNET, di pag. VIII-490 con 168 fotografie di celebri lottatori e 126 figure nel testo.	5 50
Lotte libere moderne . Svizzera. Islandese. Giapponese. Americana. Turca, di A. COUGNET, di pagine XXIV-223, con 190 incisioni.	2 50
Luce e colori , di G. BELLOTTI (2ª ediz. in lavoro).	
Luce e suono , di E. JONES, trad. di U. Fornari, di p. VIII-336 e 121 inc.	3 —
Luce e salute . Fototerapia e radioterapia, di A. BELLINI, di p. XII-362 e 65 fig.	3 50
Macchine e caldaie (Altante di), S. DINARO, di pagine XV-80, con 112 tav. e 170 fig. (in ristampa).	
Macchine (il montatore di) di S. DINARO, 2ª ediz. di p. XVI-502 e 62 incis.	4 —
Macchine per cucire e ricamare , di A. GALASINI, di p. VII-230 e 100 fig.	2 50
Macchine utensili moderne (I problemi pratici delle), di S. DINARO, di pag. XVI-157	3 50
Macchine a vapore e Turbine a vapore , di H. HAEDER e E. WEBBER. 2ª ediz. Ital., di p. XX-627 con 1822 incis.	10 —
Macchinista e fochista , di G. GAUTERO e L. LORIA, 14ª ed. rifatta da G. Malavasi, p. XVI-318 e 188 fig.	3 50
Macchinista navale e Costruttore Meccanico di E. GIORLI, 2ª ed. rifatta, di pag. 591 e 350 fig.	8 50
Macelli moderni . Conservazione delle carni, di P. A. PESCE, di p. XV-510 e 73 fig.	6 50
Madreperla . Suo uso nella industria e nelle arti, di E. ORILIA, di p. VIII-258, 40 fig. e 4 tav.	4 50
Magnetismo ed elettricità , di F. GRASSI, 4ª ed. di p. XXII-878, con 398 fig. e 6 tav.	9 —
Magnetismo e ipnotismo , di G. BELFIORE, 5ª ed. di pagine VIII-465	7 50
Malale . Razze, riproduzione allevamento, di E. MARCHEI. 3ª ediz. a cura C. PUCCI, di pag. XVI-602 e 103 inc.	7 50
Maloliche e porcellane , di L. DE MAURI. 2ª ediz. di pag. XIV-843, con 430 incis., 43 tav. e 3500 marche	12 50

	L. C.
Mais o granoturco . Coltivazione, di E. AZIMONTI. 2ª ediz., di p. XII-196 e 61 inc.	2 50
Malaria e risale in Italia , di G. ERCOLANI, di p. VIII-203	2 —
Malattie degli animali utili all'agricoltura , di P. A. PESCE, di pag. XII-611	5 50
Malattie crittogamiche delle piante erbacee , di R. WOLF, trad. di P. Baccarini, di p. X-263 e 50 inc.	2 —
Malattie dell'infanzia , di G. CATTANEO, di pagine XII-506	4 —
Malattie infettive degli animali , di U. FERRETTI, di p. XX-582	4 50
Malattie dei lavoratori e igiene industriale , di G. ALLEVI, di p. XII-421	3 50
Malattie mentali , di L. MONGERI, di p. XVI-263 con 26 tav.	4 50
Malattie dell'orecchio, del naso e della gola , di T. MANCIOLI, di p. XXIII-540, con 98 inc.	5 50
Malattie dei paesi caldi , di C. MUZIO, di p. XII-562, con 154 fig. e 11 tav.	7 50
Malattie della pelle , di G. FRANCESCHINI, di pagine XVI-217	2 50
Malattie dei polli ed altri volatili , di P. A. PESCE, di p. XVI-297 e 50 incis.	2 50
Malattie del sangue . Ematologia di E. REBUSCHINI, di p. VIII-432	3 50
Malattie sessuali , di G. FRANCESCHINI, 3ª ediz., di pag. XV-280	4 50
Malattie e alterazioni del vino , di S. CETTOLINI, 2ª ediz., di p. VIII-380 e 15 fig.	3 —
Malattie del vino . Chiarificazione, di R. AVERNASACCÀ, di p. XII-400 e 23 fig.	3 50
Mandato commerciale , di E. VIDARI, di p. VI-160	1 50
Mandolinista (Man. del) di A. PISANI (2ª ediz. in corso di stampa).	
Maniscalco pratico , di C. VOLPINI. Anatomia, ferratura, di p. XVI-398 e 193 fig.	4 50
Manzoni A. , Cenni biografici di L. BELTRAMI, di p. 109, con 9 autografi e 68 inc.	1 50
Mare (Il) di V. BELLIO, di p. IV-140 e 6 tav.	1 50
Maria (Vita di), di L. ASIOLI, pag. VIII-202	3 —
Marina — vedi: Attrezzatura navale - Bandiere - Capitano marittimo - Canottaggio - Ingegnere navale - Filonauta - Flotte moderne - Marine da guerra - Marino - Nautica stimata - Astronomia nautica - Codice di marina - Avarie e sinistri marittimi.	
Marine da guerra del mondo al 1897 , di L. D'ADDA, di p. XVI-320 e 77 ill.	4 50
Marino (Manuale del) Militare e mercantile, di G. DE AMEZZAGA, 2ª ediz. con appendice di E. B. di Sanafiora, di p. VIII-438, con 18 silografie	5 —
Marmista , di A. RICCI 2ª ediz., di p. XII-154 e 48 inc.	2 —
Massaggio , di R. MAINONI, p. XII-179 (2ª ed. in lavoro).	
Matematica attuariale , di U. BROGGI, di pagine XV-347	4 50

- vedi: Scienza attuariale.
- Matematica** (Compiementi di) ad uso dei chimici, di G. VIVANTI, di p. X-381 (in ristampa).
- Matematica dilettevole e curiosa**. Problemi, Giuochi, ecc., di I. GHERSI, di pag. 740 con 693 figure (in ristampa).
- Matematiche** — vedi: Algebra - Aritmetica - Astronomia - Calcolo Celerimensura - Compensazione ermia - Calcolo - Computisteria - Contabilità - Cubatura - Leoni - Curve - Economia matematica - Equazioni integrali - Formulario - Gruppi di trasformazione - Integrali - Formulario - Logica matematica - Ragioner - Interesse - Logaritmi - Logica matematica - Tracciamiento curve - Triangolazioni.
- Matematiche superiori** (Repertorio di), di E. FASCAL, 2 vol.
- I. Analisi, di p. XVI-642 (in ristampa).
- II. Geometria e indice per i due vol., di p. 950 9 50
- Materia medica moderna**, di G. MALAGRIDA, di p. XI-761 (esaurito).
- Materie grasse** (Industria), I grassi e le cere, di S. FACHINI, di p. XIII-851 6 50
- Mattoni e pietre di sabbia e calce** (Arenoliti), di E. STOFFLER e M. GLASENAPPE, con aggiunte di G. Revere, di p. VIII-232, 85 fig. e 3 tav. (in ristampa).
- Meccanica**, di R. S. BALL, trad. I. Benatti, 6^a ed., rivista e ampl. da C. MAVAVASI, di p. XVI-198 e 87 fig. 2 50
- Meccanica agraria**, di V. NICCOLI, 2 vol. 4 50
- I. Lavorazione del terreno, 2^a ed. di p. 470 e 176 inc.
- II. Dal seminare al compiere la prima manipolazione dei prodotti, di p. XII-426 e 175 fig. (in ristampa)
- Meccanica applicata** (Man. elem. di) di F. MASSERO, per le offic. e scuole operaie. Pag. XX-434 con 371 inc. 7 50
- Meccanica industriale nelle scuole e per l'officina**, di S. DINARO, 2^a ediz. di p. 516 e 100 figure 6 50
- Meccanica del macchinista di bordo**, di E. GIORLI, di p. XIII-297 e 92 fig. 2 50
- Meccanica razionale**, di R. MARCOLONGO, 2 vol. 4 50
- Cinematica - Statica, 2^a ediz. di pag. XV-323, con 32 inc.
- II. Dinamica-Idromeccanica, 2^a ediz. di p. 420, con 23 incisioni 6 —
- Meccanica (Tecnologia)** — v.: Aeronautica - Aggiustatore - Appr. meccan. - Automobilista - Aviazione - Caldaie - Chauffeur - Costruzioni metalliche - Dinamica - Designatore meccanico - Disegno industriale - Fresatore - Ingegnere civile - Ingegnere costruttore meccanico - Lavorazione dei metalli - Locomobili - Macchine (Atlante di), (Montatore di) - Macchine utensili - Macchinista e fuocista - Macchinista navale - Meccanico - Meccanismi - Modellatore meccanico - Momenti di inerzia - Orologeria - Termodin. - Tornitore meccan.
- Meccanico** (II), di E. GIORLI, 7^a ediz., di p. XVI-537 e 341 fig. (in ristampa)
- Meccanico moderno** (guida pratica del) di A. MASSENZ. Manuale teorico-pratico ad uso dei capi-officina ed alunni delle scuole ind. e d'arti e mestieri, meccanici, tornitori, fabbri, di pag. XXIV-351 con 331 inc. 4 50

- Medicamenti** — vedi: Diabete melito - Droghe - Elioterapia - Farmacista - Farmacoter. - Materia med. - Medicatura - Med. d'urgenza - Med. prat. - Posologia - Prodotti chimici organ. - Rimedi - Sieroterapia - Sifilide - Soccorsi urgenza - Specialità medicinali - Veleni.
- Meccanismi** (600). Dinam., Idraul., Pneumat., ecc., di T. BROWN, 6^a ediz. ital. a cura di C. Malavasi, di pag. 303, con 605 figure. 4 50
- Medicatura antisettica**, di A. ZAMBLER, con prefazione di E. Tricomi, di p. XVI-124 e 6 inc. 1 50
- Medicina d'urgenza**, di E. TROMBETTA (esaurito).
- Medicina legale militare**, di E. TROMBETTA, di p. XVI-330 (esaurito)
- Medicina sociale**, di G. ALLEVI, di p. 400. 3 50
- Medicina dello spirito**, di C. GIACHETTI, pag. 235. 2 50
- Medico (II) a bordo e nei paesi tropicali**, di R. RIBOLLA, di pag. XIX-326 3 50
- Medico pratico**, di C. MUZZO, 4^a ediz., (in ristampa).
- Membra artificiali** (Vitalizzazione delle) di G. VAN- GHETTI, di pag. 241, con 137 figure 4 50
- Merceologia tecnica**, di P. ALESSANDRI, due vol.
- Vol. I. Materie prime, p. XI-530, 142 tav. (in rist.) 6 —
- Vol. II. Prodotti chimici, di p. 526, 83 tav. e 16 inc.
- Merceologia e Istituzioni commerciali**, di E. BIANCHI (in sostituzione del Manuale di LUXARDO) di pag. XVI-488 5 50
- Mesotorio** (II) nella cura di alcune dermatosi e neoformazioni maligne della pelle, di A. MASOTTI, di pag. 140, con 49 inc. nel testo 2 —
- Metalli preziosi. Argento, oro, platino**, di A. LINONE, di p. XI-315 3 —
- Metallografia. Colorazione e decorazione dei metalli**, di I. GHERSI, 2^a ediz., di pag. XVI-317 3 50
- Metallografia applicata ai prodotti siderurgici**, di U. SAVOIA, di p. XVI-205 e 94 fig. 4 50
- Metallurgia** — vedi: Acciai - Coltivazione delle miniere - Fonditore - Lavorazione metalli - Leghe metalliche - Meccanica industriale - Metallografia - Ricettario dell'elettricista - Ricett. di metallurgia - Saldature - Siderurgia - Tecnologie per giovani - Tempera e cementazione - Zinco.
- Metallurgia dell'oro**, di E. CORTESE, di p. XV-262 e 35 inc. 3 —
- Meteorologia agricola**, di G. COSTANZO e C. NEGRO, di p. VIII-208 e 27 inc. 2 50
- Meteorologia generale**, di L. DE MARCHI, 2^a ediz., di p. XVI-225 con 13 fig. e 6 tav. 1 50
- Metrica dei greci e dei romani**, di L. MÜLLER, 2^a ediz. ital. di G. Clerico, di p. XVI-186 1 50
- Metrologia universale e codice metrico internazionale**, di A. TACCHINI, di p. XX-482 8 —
- Mezzeria pratica**, di A. RABBENO (Esaurito).
- Microbiologia. Malattie infettive**, di L. PIZZINI, di p. VIII-142 2 —
- Microscopia** — vedi: Anatomia microscopica - Animali parassiti - Batteriologia - Chimica clinica - Microscopio - Protistologia - Tecnica protistologica.

	L. C.
Microscopio (II), di C. ACQUA, 2ª ediz., di p. XII-230	2 -
Militaria - vedi: Armi antiche - Arte militare - Codice cavalleresco - Duellante - Scherma - Tattica - Telemetria - Tiro a segno - Ufficiale esercito.	
Mineralogia descrittiva , di L. BOMBICCI, 3ª ediz. a cura di P. Vinassa De Regny, di p. IV-330, con 138 fig.	3 -
Mineralogia generale , di L. BOMBICCI, 3ª ediz. a cura di P. Vinassa De Regny, di p. XVI-210, con 193 fig. e 2 tav. (in ristampa).	
Minerali (I), per E. ARTINI, di pag. XVI-422, con 40 tav. e 132 incisioni.	12 -
Miniere (Coltivazione delle), di S. BERTOLIO, 3ª ediz., di pag. VIII-371, con 112 incisioni	4 50
Minimi quadrati . Formole, Esercizi e Applicazione alla Topografia, di P. FANTASIA, di pag. XVI-339, con 107 esercizi	4 -
Misuratori elettrici (Frodi nei), di M. LANFRANCO, di p. XI-277, con 27 inc. e 39 tavole	5 50
Mitologia classica illustrata, di F. RAMORINO, 5ª ediz. di p. X-356 e 91 fig. (in ristampa).	
Mitologia (Dizionario di), di F. RAMORINO (in lavoro).	
Mitologia greca , in due vol. I. Divinità. II. Eroi, di A. FORESTI (2ª ediz. in lav.)	3 -
Mitologia tedesca , di R. MINUTTI, di p. XX-348	3 -
Mitologie orientali , di D. BASSI. I. Mitologia Babilonese, Assira, di p. XVI-219	3 -
Modellatore meccanico, falegname, ebanista , di V. GOFFI, 2ª ediz. di p. XVII-435	5 50
Molini . Industria. Costruzioni ecc. di C. SIBER MILLOT, 3ª ediz. rifatta da C. MALAVASI, di pag. 425, con 226 figure e dieci tavole	7 50
Momenti d'inerzia e loro applicazioni , di E. GIORLI, di pag. VIII-166 con 148 figure	2 50
Moneta e falsa monetazione , di U. MANNUCCI, di p. XI-271	3 -
Monete, pesi e misure Inglesi , di I. GHERSI, di p. XII-196, 46 tabelle di conti rati (in ristampa).	
Monete greche , di S. AMBROSOLI, 2ª ediz. rifatta da S. RICCI, di pag. XXV-609 con 670 inc., 2 tav. e 4 carte	9 50
Monete papali moderne di S. AMBROSOLI, di pagine XII-131 e 200 inc.	2 50
Monete romane , di F. GNECCHI, 3ª ediz. di p. XVI-418, con 203 fig. e 25 tav. (in ristampa).	
Monete romane . I tipi monetari di Roma Imperiale, di F. GNECCHI, di p. VIII-119 e 28 tav.	6 50
Monogrammi , di A. SEVERI, 73 tavole a serie di due e di tre cifre (esaurito).	
Monogrammi moderni , di A. SORESINA, in 35 tav.	3 -
Morfologia greca , di V. BETTEL, di p. XX-376	3 -
Morfologia italiana , di E. GORRA, di p. VI-142	1 50
Morte vera e morte apparente , di F. DEL L'ACQUA, di p. VIII-136	2 -
Mosche - Vedi Insetti della casa.	

	L. C.
Mosti del vini e degli spiriti. Densità ecc. , di E. DE CILLIS, di p. XVI-230	2 -
Mosto (Dal) al vino . Fermentazione alcoolica, di S. CETTOLINI di p. XII-490, con 62 inc.	5 50
Motociclista turista e militare . Side-cars e Motorettes, di F. BORRINO, 4ª ediz., di pag. 658, con 492 illustrazioni	14 -
Motori Diesel - vedi Motori a olio pesante.	
Motori a gaz , di V. CALZAVARA (2ª ediz. riveduta, di pag. XXXVI-423 con 160 incisioni	5 50
Motori a olio pesante , a pressione ed a forza viva, di E. GARUFFA, di pag. VIII-493, con 363 incisioni	6 50
Motori a scoppio , di E. GARUFFA, 4ª ediz., di pagine 790 con 843 incisioni	12 50
Motrici ad esplosione, a gaz povero, ad olii pesanti, a petrolio, per aviazione, Diesel , di F. LAURENTI, 3ª ed. ampliata di p. 598, con 355 inc.	8 50
Municipalizzazione dei servizi pubblici , di C. MEZZANOTTE, di p. XX-324	3 -
Muratore (II), di I. ANDREANI, 2ª ed. di p. 280 e 235 fig.	3 -
Musica. Espressione e interpretazione , di G. MAGRINI, di p. VIII-119 e 228 fig.	2 -
Musica (Manuale teorico pratico della), per le famiglie e le scuole di G. MAGRINI, 2ª ediz. di pag. 615	6 50
Musica - vedi anche ai singoli titoli: Acustica musicale - Armonia - Arte e tecnica del canto - Ballo - Canto - Chitarra - Contrappunto - Mandolinista - Musica - Pianista - Psicologia musicale - Ritmica - Semiografia musicale - Storia della musica - Strumentazione - Strumenti ad arco - Violoncello - Violino	4 -
Napoleone I. , di L. CAPPELLETTI, 3ª ed. di p. 306	3 50
Naturalista preparatore (Impaisamatore), di R. GESTRO, 5ª ediz., di p. XVI-214 e 52 fig.	3 50
Naturalista viaggiatore , di A. ISSEL e R. GESTRO, di p. VIII-144 e 38 inc. (esaurito).	
Nautica - vedi: Astronomia nautica - Attrezzatura navale - Avarie e sinistri marittimi - Bandiere - Canotaggio - Codice di marina - Costruttore navale - Doveri macchinista navale - Filonauta - Flotte moderne - Ingegnere navale - Lavori maritt. - Macch. navale - Nautica stimata - Nave	
Nautica stimata o navigazione plana , di F. TAMI, di p. XXXII-179 e 47 fig.	2 50
Nave (La) moderna da battaglia , di G. ALMAGIA, di pag. VIII-237, con 60 figure e tavole	4 -
Nave (La) in ferro , di E. GIORLI di pag. VIII-413, con 497 illustrazioni	3 50
Nave (La) subacquea . Sottomarini e sommergibili di E. CAMPAGNA, di pag. 358, con 108 inc. e 8 tavole	5 50
Navigazione aerea (Aviazione), di A. DE MARIA, di p. XVI-338 e 103 fig. (in ristampa).	
Nevrastenia , di L. CAPPELLETTI di p. XX-490 (esaur.)	
Notalo (Man. del), di A. GARETTI, 9ª ediz. interamente rifatta, ampliata e messa al corrente con le nuovissime disposizioni di legge per cura dell'avv. G. V. BIANCOTTI, di pag. xx-904	11 50

	L. G.
Numismatica. Atlante numismatico italiana , di S. AMBROSOLI, di p. XVI-428 e 1746 inc.	10 50
Numismatica (Manuale di) , di S. AMBROSOLI, 5 ^a ediz., rifatta di F. GNECCHI, di pag. 248, con 40 tav. eliottipiche	7 50
Numismatica — vedi anche ai singoli titoli: Atene - Guida numismatica - Monete greche, papali, romane - Vocabol. numismatico.	
Nuoto (Il) , L'arte di nuotare bene, di A. BERETTA, di pag. XII-278, con 109 incisioni	3 50
Nutrizione del bambino , di L. COLOMBO, di p. XX-228 e 12 inc.	2 50
Oculistica (Manuale di) , per Medici e Studenti, di D. BRUNO, di pag. XII-288, con 29 incisioni	4 50
Occultismo , di N. LICÒ, di p. XVI-328 (in ristampa).	
Occultismo — vedi anche ai singoli titoli: Chiromanzia - Dizionario di scienze occulte - Magnetismo - Spiritismo - Telepatia.	
Oceanografia , di G. MAGRINI (in lavoro).	
Oftalmiatria veterinaria , di P. NEGRI e V. RICCIARELLI, di p. XVI-279, con 87 ill. e 15 tavole	3 50
Oli vegetali . Piante erbacee a seme oleoso, di G. DEL NERO, di p. XV-313 e 41 inc.	3 50
Oli e grassi vegetali, animali e minerali , di G. FABRIS, di pag. 546, con 23 inc.	7 —
Olivicoltura e industria dell'olio d'oliva , di F. R. SIMARI, di pag. XIX-465, con 146 incisioni	4 50
Omero , di W. GLADSTONE, trad. di R. Palumbo e C. Fiorilli (esaurito).	
Operai (Manuale dell') , di G. BELLUOMINI, 8 ^a ediz., riveduta da I. GHERSI di p. 314 con 33 inc.	2 50
Operai elettrotecnici , di G. MARCHI, 6 ^a ediz., ampliata, di p. XII-682 con 423 incisioni	7 50
Operai (L') meccanici al macchinario moderno d'officina , di G. CHIOVATO, curata da C. ARPESANI, di pag. VIII-333 (in ristampa).	
Orchidee , di A. PUCCI, di p. VI-303, e 95 inc.	3 —
Ordinamenti degli Stati liberi d'Europa , di F. RACIOPPI, 2 ^a ediz., di p. XII-316	3 —
Ordinamento degli Stati liberi fuori d'Europa , di F. RACIOPPI, di p. VIII-376	3 —
Orefice (Man. per l') , di E. BOSELLI, 3 ^a ediz. rifatta da A. LINONE, di pag. 436, con 370 figure	7 50
Oreficeria floreale (Modelli) , di A. MYLIUS, 50 tavole e testo	3 —
Organista (Man. dell') , di C. LOCHER e pref. di E. Bossi, di p. XIV-187	2 50
Organoterapia , di E. REBUSCHINI, di p. VIII-432	3 50
Ornamenti sulle stoffe (L'arte di disporre gli) , di E. CASARTELLI, di p. XI-37, 38 tav. e 170 disegni	3 50
Ornatista (Man. dell') , di A. MELANI, 2 ^a ediz., XXVIII tav. e testo	4 50
Ornitologia italiana , di E. ARRIGONI DEGLI ODDI, di p. 907, 36 tav. e 401 fig.	18 —
Orologeria moderna , di E. GARUFFA, 2 ^a ediz., di p. VIII-384 e 366 fig.	5 50

	L. G.
Orticoltura , di D. TAMARO, 5 ^a ediz. rifatta, di pag. 630, con 237 inc. (in ristampa).	
Ortoepia e ortografia italiana moderna , di G. MALAGOLI, 2 ^a ediz. riveduta, di pag. XX-294	3 —
Ortofrenia. Educazione dei fanciulli , di P. PARISE, di p. XII-251	2 —
Ortopedia — vedi: Membra artificiali.	
Ospedali — vedi: Igiene ospedaliere.	
Ostetricia. Ginecologia minore , di L. M. BOSSI 2 ^a ediz. curata da V. DE BLASI, di pag. XV-497 con 127 figure	6 —
Ostricoltura e mitilicoltura , di D. CARAZZI, di p. VIII-302	2 50
Ottica , di E. GELCICH, di p. XVI-576 e 261 fig.	6 —
Ottica (L') di Euclide di G. OVIO, di p. 435, c. 260 inc.	7 50
Paga giornaliera (Prontuario della) , da L. 0,50 a L. 10, di C. CARREGARO-NEGRIN, 2 ^a ediz., di p. X-463.	6 50
Paleoetnologia , di G. PINZA (in sostituzione del Manuale di REGAZZONI, in corso di stampa).	
Paleografia greca e latina , di E. A. THOMPSON, trad. di G. Fumagalli, 3 ^a ediz., di p. XII-208, con 38 inc. e 8 tavole	4 —
Paleontologia , di P. VINASSA DE REGNY, di p. XVII-512, con 356 fig.	5 50
Pane e panificazione , di G. ERCOLANI, di p. VIII-261, con 61 inc. e 4 tav. (in ristampa).	
Parrucchiere (Manuale del) , di A. LIBERATI, di p. XII-219 e 88 inc.	2 50
Pasticciere e confettiere moderno , di G. CIOCCA, 2 ^a ediz., di pag. LXXII-470, con 136 illustrazioni e 36 tavole in cromo	10 50
Pastificio (Industria del) , di R. ROVETTA, di p. XVI-240, 107 inc. e 4 tav.	3 —
Patate. Coltura e usi , di N. ADUCCI pag. 245 e 20 fig.	2 50
Patologia degli infortuni sul lavoro in rapporto alla assicurazione , di T. CASAROTTI, pag. XV-642	6 —
Pedagogia (Storia della) , di A. MORGANA, con prefazione di A. STRATICÒ, di pag. XIX-553	5 —
Pedagogia (Elementi di) , di G. VIDARI.	
Vol. I. I dati della pedagogia, di pag. 412	4 50
Vol. II. La teoria dell'educazione, di pag. 498.	7 50
Vol. III. La Didattica (in corso di stampa).	
Pellagra. Storia, patogenesi, ecc. , di G. ANTONINI, di p. VIII-166 e tav.	2 —
Perito meccanico (Il) nello studio di macch. idrovere, idrauliche, pneumofore, impianti industriali, ecc. , di S. Dinaro, di pag. VIII-252	2 —
Pescatore (Man. del) , di L. MANETTI (in ristampa).	
Peso dei metalli, a U, a Y, a Z, a T e a doppio T , di G. BELLUOMINI, 2 ^a ediz., di pag. XXIV-248 (in ristampa).	
Pianista (Il) . Pensieri, giudizi e consigli sullo studio del pianoforte di V. Ricci, di pag. 263	2 50
Piante aromatiche e medicinali (Coltivaz. delle) di C. CRAVERI, di pag. XXIX-307, con 71 incisioni	8 50
Piante e fiori sulle finestre, nei cortili, ecc. di A. Pucci, 3 ^a ediz. di p. VIII-214 e 107 fig.	2 50

	L. G.
Piante erbacee a seme oleoso , di G. DEL NERO, di p. XV-313 e 51 fig.	3 50
Piante industriali , A. ALOI, 3 ^a ed., p. XI-274, 64 inc.	2 50
Piante tessili , di M. A. SAVORGNAN D'OSOPPO, di p. XII-476 e 72 inc. (esaurito).	
Pietre preziose , di U. MANNUCCI, di p. XVI-308, 23 inc. e 14 tav.	6 50
Pila elettrica (La), di A. ASTOLFONI, di p. XV-297, con 105 incis.	3 —
Pino da pinoli , di L. BIONDI e E. RIGHINI, p. XII-142	2 50
Pirotecnica moderna , di F. DI MAJO, 3 ^a ediz. riv. e ampliata da G. FIORINI, di pag. 198, con 130 inc.	2 50
Piscicoltura pratica del Prof. F. SUPINO di p. VIII-327, con 79 incisioni e 14 tavole — vedi: Idrobiologia applicata.	5 50
Pittura . Fiori all'acquarello, ad olio ed a guazzo sulle stoffe, di G. RONCHETTI, di p. VIII-167, e 11 tav.	4 —
Pittura per dilettanti , ad olio, acquarello e miniatura, G. RONCHETTI, 5 ^a ed., p. XVI-405, (in ristampa)	
Pittura italiana antica e moderna , di A. MELANI, 3 ^a ediz., di p. XVIII-527 e 164 tav.	12 —
Pittura murale . Affresco, tempera, ecc., di G. RONCHETTI, di p. XV-358	4 —
Pittura — vedi anche: Anatomia pittorica - Colori e vernici - Composizione delle tinte - Decorazione - Disegno - Luce e colori - Restauratore dipinti - Scenografia - Storia dell'arte.	
Planetologia di E. CORTESE, di pag. VIII-387 con 12 figure e 2 tavole	3 —
Pneumonia crupale e sua cura , di A. SERAFINI, di p. XVI-222	2 50
Poliedri, curve e superfici , secondo i metodi della Geometria descrittiva, di G. LORIA, di p. XVI-231	3 —
Polygonazione tacheometrica di A. BARBIERI, di pag. XVI-246	2 50
Pollizia giudiziaria , ad uso dei Periti e Magistrati di L. TOMELLINI, di p. XX-352 e 161 inc.	5 —
Pollizia sanitaria degli animali , di A. MINARDI, di p. VIII-333 e 7 fig.	3 —
Pollu — vedi: Malattie dei polli - Avicoltura.	
Pollicoltura , di G. TREVISANI, 10 ^a ediz., con appendice sull'Allevamento industriale dell'anatra, di pag. 347, con 111 incisioni	7 50
Pomodoro . Coltivazione - Industria, ecc., di R. ROVETTA, di pag. 295, con 90 figure	4 —
Pomologia , G. MOLON, p. XXXII-717 86 inc. e 12 tav.	10 50
Pomologia artificiale , di M. DEL LUPO, di p. VI-132 e 34 inc.	2 —
Pompieri moderno . Manuale del vigile del fuoco, di P. COGOLI e R. RAMPINI, di p. 500, con 14 tav. e 526 fig.	7 50
Porco (Il), Razze, allev., ecc., di F. FAELLI, di p. XIX-461, con 100 fig. e 5 tavole	6 —
Posologia dei rimedi più usati nella terapia infantile , di A. CONELLI, di p. VIII-186	2 —
Posta . Manuale postale di A. PALOMBI, di p. XXX-309	3 —
Prati (I). Prati naturali, artificiali, pascoli, ecc., di E. MARCETTANO, di p. VIII-392 e 162 inc.	4 —

	L. G.
Prealpi bergamasche . Valsassina, Valtellina e Valcamonica, di A. STOPPANI e A. TARAMELLI, 3 ^a ediz. di p. 290, 15 tav. e 3 carte. 2 vol. in busta.	6 50
Private governative . Uffici di vendita e loro funzionamento. Rivendite, di I. GUASTALLA, p. XIX-406	3 50
Private industriali — vedi: Codici e leggi Vol. IV (p. 14).	
Processi fotomeccanici moderni , di R. NAMIAS, 2 ^a ediz., di pag. XI-321, con 76 figure e 12 tav.	4 —
Prodotti agricoli del tropico , di A. GASLINI, di p. XVI-270 (in ristampa).	
Prodotti ceramici . Majoliche, porcellane, grès, di G. MADERNA, di p. XII-345 e 92 fig.	4 50
Prodotti chimici organici usati come medicinali (Fabb. dei) di C. CRAVERI. Prepar. caratt. reazioni, usi, dosi di 1600 prod. Pag. VIII-730 con 27 inc.	
Prodotti e procedimenti nuovi nelle industrie (succedanei, surrogati, ecc.) di I. GHERSI, di pag. 385, con 148 inc.	11 50
Produzione e commercio del vino in Italia , di S. MONDINI, di p. VII-303	2 50
Profilassi e disinfezione per uso del R. Esercito del Cap. Medico V CHIODI, di pag. XII-196 con 32 inc.	4 50
Profumiere (Man. del), di A. ROSSI, 2 ^a ed., p. XXIV-650	8 —
Progettista moderno di costruzioni architettoniche , di I. ANDREANI, 3 ^a ediz. ampliata di pag. XV-559, con 196 inc. e 67 tavole	9 50
Proiezioni fisse e cinematografico , di L. SASSI, di p. XVI-484, con 308 fig.	5 —
Prontuario del forestale . (Suolo, Selvicoltura, Rimboscimento, ecc.), di E. FERRARI, di pag. 460 con 59 tavole fuori testo	9 50
Prontuario tecnico legislativo , di G. VIVARELLI, di p. 300, con 131 inc.	3 —
Proprietario di case e uffici , di G. GIORDANI, di p. XX-264	1 50
Prospettiva , di C. CLAUDI, 3 ^a ed., p. XII-76 e 33 tav.	2 50
Prospettiva per gli scultori, il Bassorilievo , di A. NOELLI, di pag. XII-78, con 53 disegni	2 50
Protezione degli animali , di N. LICÒ, di p. VIII-200	2 —
Protistologia , di L. MAGGI, 2 ^a ed. di p. 294 e 93 inc.	3 —
Proverbi e modi proverbiali italiani , di G. FRANCESCHI, di p. XIX-380	3 —
Proverbi sul cavallo , di C. VOLPINI, di p. XIX-172	2 50
Psichiatria . Confini, cause e fenomeni della pazzia, di J. FINZI, di p. VIII-225 (esaurito).	
Psicologia , di C. CANTONI, 2 ^a ediz. (esaurito).	
Psicologia fisiologica , di G. MANTOVANI, 2 ^a ediz., di p. XII-175 e 16 inc.	3 —
Psicologia musicale , di M. PILO, (esaurito).	
Psicopatologia legale , di L. MONGERI, di p. XX-421	4 50
Psicoterapia , di G. PORTIGLIOTTI, p. XII-318 e 22 inc.	4 —
Pugilato e lotta libera per difesa personale , di A. COUGNET, 2 ^a ed., p. XXXV-396 e 222 inc.	5 50
Raccoglitore di oggetti minuti e curiosi , di J. GELLI, di p. X-344 e 310 inc.	5 50
Rachitide e deformità da essa prodotte , di P. MANCINI, di p. XXVIII-300 e 116 fig.	4 —

	L. C.
Radioattività , di G. A. BLANC, pref. di A. Sella e Append. di G. D'ORMEA, di p. VIII-266 e 72 inc.	3 —
Raggi Röntgen e loro pratiche applicazioni , di I. TONTA, di p. VIII-160 (esaurito). — vedi: Röntgen tecnica.	
Ragioneria , di V. GITTI, 6ª ediz., di p. VIII-115	1 50
Ragioneria delle cooperative di consumo , di G. ROTA, (esaurito).	
Ragioneria domestica , di A. MASETTI, 2ª ediz., di pag. XII-186	1 50
Ragioneria industriale , di O. BERGAMASCHI, 3ª ediz. a cura di A. MASETTI, di p. VIII-404	5 —
Ragioneria pubblica , di A. MASETTI, di p. XV-293	3 —
Ragioniere (Prontuario del), di E. GAGLIARDI, 2ª ed. rifatta ed aumentata, di pag. XII-603	6 50
Razze bovine, equine, suine, ovine e caprine , di F. FAELLI 2ª ediz. ampliata di pag. XXXIII 512 con 197 tav.	12 50
Reattivi e reazioni di E. TOGNOLI, di pag. 289.	3 50
Regolo calcolatore e applicazioni nelle operazioni topografiche , di G. POZZI, 2ª ediz., di p. XVI-303 e 150 fig.	3 —
Religione — v. Bibbia - Corano - Imit. Cristo - S. Giov. - San Paolo - Vangelo - Vita di Gesù - Vita di Maria.	
Religioni primitive (L'idea di Dio nelle) di F. JEVONS e di U. PESTALOZZA, di pag. XVI-178	2 —
Religioni e lingua dell'India inglese , di R. CUST, trad. di A. De Gubernatis, di p. IV-124	1 50
Residui agricoli , Utilizzazioni, ricuperi, di C. FORMENTI, di pag. 620, con 139 inc.	5 —
Residui industriali , Utilizzazioni Ricuperi, di C. FORMENTI, di p. XX-376	4 50
Resistenza dei materiali e stabilità delle costruzioni , di G. SANDRINELLI, 3ª ediz., di p. XVIII-495 e 274 inc.	5 50
Resistenza e pesi di travi metalliche composte , di E. SCHENCK, 2ª ediz. (in corso di stampa).	
Restauratore dei dipinti (II) di G. SECCO SCARDO 3ª ed. con una introd. allo studio del restauro di G. PREVIATI e considerazioni sul restauro moderno del Prof. L. DE JASIENSKI, di pag. XVI-574, con 47 figure	12 —
Retorica, ad uso delle scuole , di F. CAPELLO, di p. VI-122	1 50
Rettili d'Italia , di C. VANDONI, di pag. 288 e 55 fig.	3 50
Ricami - v. Biancheria - Lavori femm. - Macch. da cucire - Monogrammi - Piccole ind. - Ricett. domest. - Trine.	
Ricchezza mobile (L'imposta sui redditi di), di E. BRUNI, di pag. 240	1 50
Ricettario domestico , di I. GHERSI 6ª ediz., con 7192 ricette, di pag. 1299 e 172 inc.	16 50
Ricettario dell'elettricista , GHERSI, p. VIII-585 con oltre 2000 ricette e provvedimenti pratici e 43 inc.	6 —
Ricettario fotografico di L. SASSI, 5ª ediz., di pag. XXXII-362	3 50
Ricettario industriale , di I. GHERSI, 7ª ediz., rimo-	

	L. C.
dernata ed accresciuta con 64 figure comprendente 9253 procedimenti utili nelle grandi e piccole industrie nelle arti e nei mestieri	24 —
Ricettario pratico per le industrie tessili e affini , di O. GRUDIC, di p. VIII-270	3 50
Ricettario pratico di metallurgia , di G. BELLUOMINI, di p. XII-328 (in ristampa)	
Rimedi . L'arte di prescriberli e di applicarli, di G. MALAGRIDA, di p. 400	3 50
Rimedi — vedi: Specialità medicinali.	
Riscaldamento, ventilazione e impianti di motori , di C. RUMOR e H. STROMENGER, di p. XVI-270 e 115 fig.	5 50
Riscaldamento elettrico . — V. Elettricità sorg. di calore.	
Risorgimento italiano 1814-1871 , di F. QUINTAVALLE, di pag. XVI-528	4 —
Ristoratore dei dipinti . — Vedi Ristauro.	
Ritmica e metrica razionale italiana , di R. MURARI, 3ª ediz. di p. XV-230 (in ristampa).	
Ritmica musicale , di A. TACCHINARDI, di p. XVI-254	3 —
Rivoluzione francese 1789-1799 , di G. P. SOLERIO, (2ª ediz., in lavoro).	
Roma antica — vedi: Antichità priv. - Antichità pubbliche - Archeologia - Epigrafia - Mitologia - Monete ovine (Le) del Palatino - Topografia - Mitologia.	
Röntgen tecnica (I fondamenti della), di J. SCHINAGLIA, di pag. XII-263, con 118 incisioni e 46 tavole.	5 50
Röntgen — vedi: Raggi di - Elettricità medica - Luce e salute - Radioattività.	
Rose . Storia, coltivazione, varietà, di G. GIRARDI, di p. XVIII-284, 96 ill. e 8 tav.	3 50
Rovine del Palatino , di C. CANCOGNI, con pref. di R. Lanciani, di p. XV-178, 44 tav. e una pianta	3 50
Saggiatore (Man. del), di F. BUTTARI, di p. VIII-245	2 50
Saldature autogene dei metalli , di S. RAGNO 2ª ediz., di pag. VI-129, con 18 inc.	3 —
Sale e saline , di A. DE GASPARIS, di p. VIII-358 e 24 fig.	4 50
Salsamentario , di L. MANETTI, di p. 224 e 76 inc.	2 —
San Giovanni, il discepolo che Gesù amava , di G. M. ZAMPINI, di pag. XII-314	4 50
San Paolo, Epistole , di G. M. ZAMPINI, di pag. XVI-405	5 —
Sanscrito (Studio del), F. G. FUMI, 3ª ediz. p. XVI-343	4 —
Saponi (L'industria del), di V. SCANSETTI, con prefazione di E. MOLINARI, 2ª ediz. di pag. 574, con 131 inc.	8 50
Saponi da toeletta , di C. FRANCHI, di pag. XV-467 con 59 incisioni	7 —
Sarto tagliatore italiano (II), di G. PETERLONGO, di p. XII-232 e 47 tav. (in ristampa).	
Scacchi (Giuoco degli), di A. SEGHERI, 4ª ediz., a cura di E. MILIANI, di pag. VIII-550 (in ristampa)	
Scenografia , G. FERRARI, p. XXIV-327, 16 inc. e 160 tav.	12 —
Scherma italiana , J. GELLI, Terza edizione riveduta di pag. 250 con 108 inc.	3 —
Scienza attuariale (Nozioni di). Matematica delle assicurazioni, di G. MINUTILLI, di pag. XIII-329	4 —
Scienze (Le) esatte nell'antica Grecia, di G. LORIA, 2ª ediz., di pag. XXIV-974	9 50

Scienze giuridiche ed economiche in conformità del progr. minist. ad uso degli Istit. tecnici, Licei moderni e Scuole di Comm. (Encicl. giurid. - Diritto civile - Diritto comm. e maritt. - Diritto penale - Proced. giudiz. - Diritto costituz. - Diritto ammin. - Economia politica - Politica comm. - Scienza della finanza - Statistica) di G. TRASPOLI di p. xxiv-574, con 18 tav. col.	12 50
Scienze occulte (Dizionario di), di A. PAPPALARDO, di p. viii-338	3 -
Scienze occulte - vedi: Chiromanzia - Fisionomia - Grafologia - Magn. - Occultismo - Spirit. - Telepatia .	
Scoutismo . Nozioni pratiche ad uso dei giovani esploratori ital., di F. ROMAGNOLI, di p. 598, c.132 inc. 51 tav.	7 -
Scrittura a macchina - vedi Dattilografia .	
Scrittura doppia americana , di C. BELLINI, 2ª ediz. accresciuta, di pag. xii-154 e 4 tabelle	2 -
Scritture d'affari , di D. MAFFIOLI, 5ª ed., p. viii-221	1 50
Scultura italiana antica e moderna , di A. MELANI, 3ª ediz., di pag. xxxii-692, 170 tavole e 40 fig.	12 -
Segnalazioni maritt. - vedi: Attrezz. navale - Bandiere - Selfacting o filatojo intermittente , di L. TONELLI, di p. viii-159 e 41 inc.	2 50
Selvicoltura , estimo e economia forestale, di A. SANTILLI, 2ª ediz. di p. xii-292 e 54 inc.	3 -
Selvicoltura - vedi: Boschi e pascoli - Consorzi di difesa del suolo - Coltura montana - Pino da pinoli - Prontuario del forestale .	
Semejotica . Esame degli infermi, di U. GABBI, 2ª ediz., di pag. xvi-216 e 11 inc.	4 50
Semiografia musicale , di G. GASPERINI, p. viii-317	3 50
Seta (Industria della), di L. GABBA, 2ª ediz. (esaurito).	
Seta - vedi ai singoli titoli: Bachi da seta - Filatura e torcitura - Gelsicoltura - Tessitura - Tintura - Ricettari domestico e industriale .	
Seta artificiale , di G. B. BACCIONI, di p. viii-221	3 50
Sfere cosmografiche e geografia matematica , di L. A. ANDREINI, di p. xxix-326 e 12 inc.	3 -
Shakespeare , di DOWDEN, Balzani, di p. xii-242	1 50
Siderurgia , di E. ZOPPETTI e E. GARUFFA, (in ristampa).	
Siderurgia - vedi: Chimico siderurgico .	
Sieroterapia , di E. REBUSCHINI, di p. viii-424	3 -
Sifilide (Patol. e terap. della) di A. PASINI, di p. vi-151	2 -
Sinonimi latini , di D. FAVA, di p. lxiv-114.	1 50
Sintassi francese razionale pratica , di D. RODARI, di p. xvi-206	1 50
Sintassi greca , di V. QUARANTA di p. xviii-175	1 50
Sintassi latina , di T. G. PERASSI, 2ª ediz., di p. vii-168	1 50
Sismologia , di L. GATTA, di p. viii-175 e 16 inc.	1 50
Sismologia moderna , di G. B. ALFANO, di p. xii-357	4 -
Smacchiatura industriale e casalinga di abiti , ecc., di G. TISCORNIA, di pag. xii-219 con 13 fig.	2 50
Smalto (Industria dello), di E. VERMA, di p. 246 e 30 inc.	3 -
Sistemazione dei torrenti e dei bacini montani , di C. VALENTINI, p. xii-298, 165 inc. e 46 tav.	
Seccorsi d'urgenza , di C. CALLIANO, 9ª ediz. ampliata rispetto ai feriti in guerra, a cura del Dott. B. Anglesio, di pag. lii-439, con 135 inc.	4 50

Socialismo , di G. BIRAGHI, di p. xv-285 (in ristampa)	
Società industriali per azioni di F. PICCINELLI, di p. xxxvi-534 (esaurito).	
Società di mutuo soccorso . Pensioni - sussidi, di G. GARDENGGI, di p. vi-152	1 50
Sociologia generale , di E. MORSELLI, (esaurito).	
Soda caustica, cloro e clorati alcalini per elettrolisi , di P. VILLANI, di p. viii-314	3 50
Somalo (Elementi di) vedi Gramm. somala .	
Sordomuto e sua istruzione , di P. FURNARI, di p. viii-232 e 11 inc.	2 -
Sottomarini - vedi: Nave subacquea .	
Sovratensioni negli impianti elettrici . Cause, effetti e protezioni, E. PIAZZOLI, pag. xvi-401 e 125 fig.	7 -
Specchi (Fabbricazione degli) e la decorazione del vetro e del cristallo , di R. NAMIAS, 2ª ediz. rivista, di pag. xii-195 con 26 incisioni e 11 tavole	3 50
Specificità medicinali (Formulario delle) di C. CRAVIERI, di pagine xx-524	4 50
Speleologia , Studio delle caverne, C. CASELLI, p. xii-163	1 50
Spettrofotometria applicata , di G. GALLERANI, di p. xix-395, 92 inc. e 3 tav.	3 50
Spettroscopio e sue applicazioni , di R. A. PROCTOR, trad. di F. PORRO, di p. vi-179 e 71 inc.	1 50
Spiritismo , A. PAPPALARDO, con 10 illustrazioni	3 50
Sports invernali . Patinaggio , slitta , ecc., di N. SALVANESCHI, di p. xv-171 e 100 ill.	3 -
Stampaggio a caldo e bulloneria , di G. SCANFERLA, di p. viii-160 e 62 inc.	2 -
Stati del mondo (Gli), G. GAROLLO. Notiziario statist.	1 -
Statistica , di F. VIRGILI, 7ª ediz. di pag. xii-227	3 -
Statimografia , di G. ROSSI, di pag. xii-214	3 -
Stearineria - vedi: Candele .	
Stenografia , di G. GIORGETTI, 4ª ediz., di p. yv-239	3 -
Stenografia (Guida allo studio della), di A. NICOLETTI, 11ª ediz., riveduta da D. NICOLETTI, pag. 183	3 -
Stenografia (Esercizi di lettura e scrittura), di A. NICOLETTI, 6ª ediz. di p. viii-160	1 50
Stenografia . Antologia sten. di E. MOLINA, di p. 200	2 -
Stenografia . Dizionario etimologico stenografico , di E. MOLINA, di p. xvi-624	7 50
Stenografia . L'abbreviazione logica nella stenografia , di D. NICOLETTI, di pag. viii-123	3 -
Stenografo pratico , di L. CRISTOFOLI, di p. xii-131	1 50
Stereometria . Sviluppo dei solidi e loro costruzioni in carta , di A. RIVELLI, di p. 90, con 92 inc. e 41 tav.	3 -
Stili architettonici (Gli), di B. CANELLA, 2ª edizione di pag. 160, con 114 illustrazioni e 64 tavole.	9 50
- Vedi Arte (L') di distinguere gli Stili.	
Stilistica , di F. CAPELLO, di p. xii-164 (esaurito).	1 50
Stilistica latina , di A. BARTOLI, di p. xii-210	
Stime forestali , Conteggio , misurazione e cubazioni dei legnami in bosco , abbattuti e lavorati di O. FOGGI, di pag. 136 con numerose tabelle e incisioni	10 -
Stime di lavori edili , di I. ANDREANI, di pag. 339	4 50

	L. e.
Storia antica , di I. GENTILE e G. TONIAZZO, in 2 vol. I. L'Oriente antico, (esaurito).	
II. La Grecia, di p. IV-216	1 50
Storia dell'arte , di G. CAROTTI.	
Vol. I. L'Arte nell'Evo-antico, di pag. LV-413 (esaurito).	
Vol. II. L'Arte nel Medio-evo:	
Parte I. - Arte cristiana, di pag. VIII-421 e 360 incis.	8 —
Parte II. - L'arte regionale italiana nel medio-evo, di pag. 667 con 553 incisioni.	12 50
Parte III. - L'Apogeo dell'arte italiana nel medio- evo, di pag. 581 a 1390, con 591 incisioni	15 —
Vol. III. L'Arte nel Rinascimento (in lavoro).	
Vol. IV. L'Arte dell'Evo-moderno (in lavoro).	
Storia dell'arte militare , di V. ROSSETTO, di p. VIII-504 e 17 tav.	5 50
Storia e cronologia medioevale e moderna , di V. CASAGRANDE, 3ª ediz. di p. VIII-254	1 50
Storia d'Europa , di E. T. FREEMANN, trad. di A. GALANTE, di p. XII-472	3 —
Storia di Francia , di G. BRAGAGNOLO, di p. XVI-421	3 —
Storia d'Inghilterra , G. BRAGAGNOLO, p. XVI-387	3 —
Storia d'Italia , di P. ORSI, 5ª ediz., continuata fino al 1915, di pag. XIII-295	3 —
Storia — vedi: Antichità - Archeologia - Argentina - Astronomia nell'antico testamento - Atene - Commercio - Cristoforo Colombo - Cronologia - Dizionario bio- grafico - Etnografia - Islamismo - Leggende - Manzoni - Mitologia - Monete - Numismatica - Omero - Risorgi- mento - Rivoluzione francese - Shakespeare - Topo- grafia di Roma.	
Storia delle matematiche (Guida allo studio della) di G. LORIA, di pag. XVI-227	3 —
Storia della musica , di A. UNTERSTEINER, 4ª ediz. di pag. 500	5 50
Storia naturale — vedi: Anat. e fisiol. - Anatom. micr. - Animali parass. - Antrop. - Batteriol. - Biologia ani- male - Botan. - Cammello - Coleotteri - Cristallografia - Ditteri - Embriol. - Fisiol. - Fisica cristall. - Fisiol. - Geologia - Imenotteri - Insetti - Ittiolog. - Lepidotteri - Limnol. Mineral. - Naturalista preparat. - Natur. viaggi - Oceanogr. - Ornitol. - Ostricoltura - Paleoen. - Paleontologia - Piscicult. - Sismol. - Speleol. - Tecnica protistol. - Uccelli canori - Vulcan. - Zebre - Zoologia.	
Strade ferrate in Italia . Regime legale ammini- strativo, di F. TAJANI, di p. VIII-265	2 50
Strade ordinarie e loro manutenzione , di F. FROSALI, di p. XI-216 e 37 inc.	2 50
Strade urbane e provinciali e loro pav- imentazione di P. BRESADOLA, p. XVI-330 e 40 inc.	5 50
Strumentazione , di E. PROUT, trad. di V. Ricci, 2ª edizione, di pag. XVI-314 e 95 incisioni (in ristampa).	
Strumenti ad arco e musica da camera , del Duca di CAFFARELLI, di p. X-235 (esaurito).	
Strumenti diottrici , V. REINA, p. XIV-220 e 103 fig.	3 —
Strumenti metrici . Costruzione delle bilance, ecc., di E. BAGNOLI, di p. VIII-252 e 192 inc.	3 50
Succedanei — vedi: Prodotti e procedimenti.	

	L. e.
Sughero scorze e applicazioni industriali , di A. FUNARO e N. LOJACONO, di p. VII-170	2 50
Suinicoltura pratica , di I. STANGA, di pag. 200, con 36 illustrazioni	3 50
Superstizione , di G. FRANCESCHI, di pag. XII-264	2 50
Surrogati — vedi: Prodotti o procedimenti.	
Tabacco (II) e sua coltura, di G. BEVERSEN, di pa- gine XXVIII-219, 9 inc. e 31 tav.	4 50
Tabacco , di G. CANTONI, di p. IV-176 e 6 inc.	2 —
Tabelle di analisi — vedi: Analisi chimica qualitativa.	
Tannini (I), nell'uva e nel vino, di R. AVERNA-SACCA, di p. VIII-240	2 50
Tartufi e funghi , coltura e cucinatura, di FOLCO- BRUNI, di p. VIII-184	2 —
Tattica applicata , di A. PAVIA di p. VIII-214	3 50
Teatro antico greco-romano , di V. INAMA, di p. XX-248 e 32 fig.	2 50
Tecnica protistologica , di L. MAGGI, di p. XVI-318	3 —
Tecnologie per i giovani operai , secondo i pro- grammi governativi, di I. ANDREANI:	
I. — Legno, metalli, ecc., di pag. 780, con 511 inc.	7 —
II. — Matematica, di pag. XII-488, con 210 inc.	6 —
III. — Fisica, di pag. 354, con 288 incisioni	6 —
Tecnologia e terminologia monetaria , di G. SACCHETTI, di p. XVI-191	2 —
Telalo meccanico (II). Guida pratica, di A. PIOMBO di p. XII-159 e 28 fig.	2 —
Telefono (II), di G. MOTTA, (in ristampa).	
Telegrafia elettrica, aerea, sottomarina e senza fili di R. FERRINI, 4ª ed. ampl. da C. CANTANI, di pag. 352, con 137 inc.	4 50
Telegrafista (Guida del), di G. CANTANI, 4ª ediz., di pag. 255, con 138 inc.	3 50
Telegrafo senza fili e onde Hertziane , di O. MURANI, 3ª ediz., di p. 520 con 268 incisioni.	7 50
Telemetria , misura delle distanze in guerra, di G. BERTELLI, di p. XIII-145 e 12 fig. (in ristampa).	
Telepatia . Trasmissione del pensiero di A. PAPPAL- LARDO, 3ª ediz., di p. XVI-343	3 —
Tempera — Vedi acciaio.	
Tennis (II), di A. BONACOSSA e G. PORRO LAMBER- TENGGHI, di pag. XX-240 con 84 illustrazioni	3 —
Teoria dei numeri , di U. SCARPIS, di p. VIII-152	1 50
Teoria delle ombre , di E. BONCI 3ª ediz. di pagine XVI-134, con 48 fig. e 6 tav.	3 50
Teosofia , di G. GIORDANO, di p. VIII-248	3 50
Terapeutica — vedi ai singoli titoli: Chimica clinica - Chimica legale - Farmacista - Farmacoterapia - Me- dicina d'urgenza - Medico pratico - Organoterapia - Posologia rimedi - Rimedi - Terapia malattie infanzia.	
Termodinamica , di G. CATTANEO, p. X-196 e 4 fig.	1 50
Terroreno agrario . Chimica del terreno, di A. FU- NARO, di p. VIII-200	2 —
Tessili — vedi Tecnologi per giovani - Tessitura - Filatura.	

	L. C.
Tessitore (Man. del), di P. PINCHETTI, 3 ^a ediz., di p. XIV-298 e illustr.	3 50
- vedi: Apparecchiatura dei tessuti - Industrie tessili.	
Tessitura meccanica della lana e del cotone , di E. G. FRANZI, di p. VII-329	3 50
Tessitura meccanica della seta , di F. PONCI, di p. XII-346 e 179 inc.	5 50
Tessuti (Man. del compositore di), di P. PINCHETTI, di p. VIII-321, ill. da 2000 armature	4 50
Tessuti di lana e cotone (Analisi e fabbricazione), di O. GIUDICI, di p. XII-864, con 1098 inc.	16 50
Testamenti (Manuale dei), di G. SERINA, 3 ^a ediz. riveduta ed ampliata, di pag. XIV-380	4 50
Tigré italiano . Idiomi parlati in Eritrea, con 2 dizionari, di M. CAMPERIO, di p. 180	2 50
Tintore (Man. del), di R. LEPETIT, 4 ^a ediz., di p. 482	5 -
Tintura della seta , di T. PASCAL, di p. XV-432	5 -
Tipografia . Vol. I. Guida per chi stampa e fa stampare di S. LANDI, 2 ^a ediz. postuma, di pag. XXII-279.	2 50
- Vol. II. Lezioni di composizione, di S. LANDI 2 ^a ediz. postuma, con appendice - Linotype - Monotype - Lettera-tipo - Vocabolario tecnico, di pag. 370	3 50
Tiro a segno nazionale , di A. BRUNO, p. VIII-335	3 -
Tisi (Come si vince la). Profilassi e diagnosi di F. MORTOLA, e pref. di A. De Giovanni di p. XII-208	2 50
Tisici e sanatori , di A. ZUBIANI, con pref. di B. Silva, di p. XLI-240	2 -
- vedi: Tubercolosi.	
Topografia (Man. di), di G. DEL FABRO. 3 ^a edizione, di pag. XLIII-629 con 165 incisioni (in ristampa).	
Topografia (Guida dei calcoli di), di G. DEL FABRO, di p. XVI-216 e 71 fig.	3 50
Topografia e rilievi - vedi: Cartografia - Catasto - Celerimensura - Codice del perito - Compensazioni errori - Curve - Disegno topogr. - Estimo terreni - Estimo rurale - Fotogrammetria - Geometria pratica - Prospettiva - Regolo calcolatore - Telemetria - Tracciamento curve - Triangolazioni.	
Topografia di Roma antica , di L. BORSARI, di p. VIII-436 e 7 tav.	4 50
Tornitore meccanico (Guida del), di S. DINARO, 10 ^a ed. riveduta con appendice "La tornitura dei proiettili per le artiglierie", di pag. 316 e 117 fig.	4 50
Tornitore e fresatore meccanico , di L. DUCA, 3 ^a ediz., di p. 188, con 30 inc.	3 50
Torrenti - v. (Sistemazione dei).	
Tracciamento delle curve delle ferrovie e strade , di G. H. A. KRÖNKHE, trad. di L. Loria, 3 ^a ediz., di p. VIII-167	3 50
Traduttore tedesco (II), di R. MINUTTI, pag. XVI-224	2 50
Tramvie - vedi: Ferrovie.	
Trasporti aerei , di G. CAPPELLONI, di pag. XVI-367 con 259 figure.	7 -
Trasporti, tariffe e reclami ferroviari , di E. PELIZZARO, di pag. XVI-319	4 50

	L. C.
Trazione ferroviaria , di P. OPPIZZI, di p. VII-204, con 2 tav. e 51 fig.	3 50
Trazione a vapore sulle ferrovie ordinarie , di G. OTTONE, di p. LXVIII-469	5 50
Triangolazioni topografiche e catastali , di O. JACOANGELI, di p. XIV-340 e 33 inc.	9 50
Trigonometria piana (Esercizi di), di C. ALASIA, di p. XVI-292 e 30 inc. (in ristampa).	
Trine a fuselli , di G. ROMANELLI-MARONE, di p. VIII-331 e 200 illustr.	4 50
Tubercolosi (La), di M. VALTORTA e G. FANOLI, con pref. di A. Murri, di p. XIX-291 e 11 tav.	3 -
Turbine idrauliche moderne . Teoria e costruzione, di C. MALAVASI (in lavoro)	
Turbine a vapore , di E. GARUFFA (in corso stampa).	
Turco parlato . Grammatica, dialoghi, vocabolario, di L. BONELLI e S. JASIGIAN, di p. VIII-343	4 -
Uccelli canori . Caratteri, costumi e loro cura, di L. UNTERSTEINER, 2 ^a ediz., di p. VIII-226 e 6 inc.	2 50
Ufficiale italiano (L') di U. MORINI (esaurito).	
Unità assolute . Definizione, dimensione, problemi, di G. BERTOLINI, di p. X-124	2 50
Uovo (L') di gallina. Conservazione e commercio, di C. VIVIANI, di pag. 394 con 48 incisioni	3 50
Urina (L') nella diagnosi delle malattie, di F. JOZIO, di p. XVI-216 (in ristampa).	
Urologia chimica e microscopica , di P. E. ALESSANDRI, di pag. 485, con 144 inc. e 2 tav.	7 50
Usi mercantili riconosciuti dalle Camere di Commercio in Italia , di G. TRESPOLI, di p. 623	6 -
Uve da tavola . Coltivazione e commercio, di D. TAMARO, 3 ^a ediz. di p. XVI-278, 8 tav. e 57	4 -
Vademecum dell'uomo d'affari , di C. DOMPÉ, 2 ^a ediz., di pag. 562	8 50
Vangelo Manuale del di G. M. ZAMPINI . XLVII-480	4 50
Veleni e avvelenamenti , di C. FERRARIS, di pagine XVI-208 e 20 inc.	2 50
Ventilatori industriali , di A. ALBERT, di pag. 400, con 178 incisioni	7 50
Verbi regolari francesi, irregolari e difettivi , di C. DOMPÉ, di pag. 170	3 -
Verbi greci anomali P. SPAGNOTTI, pag. XXIV-107	1 50
Verbi italiani , di E. POLCARI, di p. XII-260	1 50
Verbi latini di forma particolare nel perfetto e nel supino , di A. PAVANELLO, p. VI-215	1 50
Vernici, lacche, mastici e inchiostri da stampa . Fabbricazione, ecc., di U. FURNARI, 3 ^a ediz., di pag. XVI-272	2 50
Vernici - vedi Colori e Vernici.	
Veterinaria - vedi: Araldica zootecnica - Bestiame - Cavallo - Igiene veterinaria - Malattie infettive - Majale - Oftalmiatria veterinaria - Polizia sanitaria - Porco - Profilassi malattie - Razze bovine - Zootecnia.	
Veterinario (Man. del), di C. ROUX e V. LARI, di pagine XX-356 e 16 fig. (esaurito).	
Vetro . Fabbricazione, lavorazione, applicazioni, di G. D'ANGELO, di p. XIX-527 e 321 fig. (esaurito).	

	L. C.
Vigile urbano (Vademecum pel) di G. SACCHIERO, di pag. XIV-178	2 50
Vini bianchi da pasto e vini mezzocolore , di G. A. PRATO, 2 ^a ediz. riv. da A. Strucchi, p. XII-280	2 50
Vini dai residui della vendemmia e vini sussidiari . Secondi vini e vinelli - Modo di aumentare la produzione di S. CETTOLINI di pag. 333 con 40 inc.	3 50
Vini (I migliori d'Italia), di A. STRUCCHI, di p. XX-25, 42 tav. e 7 carte	3 50
Vini non genuini , di A. DURSO-PENNISI di pag. 198	2 50
Vini, aceti, spiriti (invecchiamento artificiale del) , di A. DURSO-PENNISI, di p. 185, con 35 inc.	2 50
Vini speciali provenienti da uve da tavola e vini artificiali , di A. DURSO-PENNISI, di p. XII-212 e 68 fig.	2 50
Vinificazione (Man. di), U. GALLO, p. XI-253 e 33 inc.	2 50
Vino (II), di G. GRAZZI-SONCINI, 2 ^a edizione riveduta da A. STRUCCHI, con appendice sui vini spumanti, di pag. XX-229 e 17 incisioni	2 50
Violini, violinisti e musica per violino , di A. UNTERSTEINER, con app. di A. Bonaventura, di pagine VIII-228	3 50
Violoncello, violoncellista e violoncellisti , di S. FORINA, di p. XVII-444	5 50
Viti meccaniche , calcolo e costruzione, di A. MASSENZ, 2 ^a ediz. di p. 270, con 111 inc.	5 50
Vita di Gesù di L. ASIOLI, 2 ^a ediz. con carta di Terra Santa. Pag. XII-253	3 —
Vita di Maria di L. ASIOLI. Pag. VIII-202	3 —
Viticoltura (Precetti di), di O. OTTAVI, 7 ^a ediz. riv. da A. Strucchi, di p. XVI-244, con 30 incisioni	2 50
Vocabolario Albanese — vedi Albanese parlato.	
Vocabolario araldico italiano , di G. GUELEI, di p. VII-294 e 356 inc. (in ristampa).	
Vocabolario Hoepli della lingua italiana , compilato da G. MARI, di pag. 2226 a due colonne in mezza pergamena e tela	18 —
— legato in un solo volume in mezza pelle e tela	18 —
Vocabolario russo-italiano e italiano-russo , di V. FOMIN, con la pronunzia figurata seguita da un dizionaretto pografico dei nomi propri, da un frasario e da due piccole grammatiche russa e italiana, di pag. X-812.	11 50
Vocabolario numismatico , in 7 lingue, di S. AMBROSOLI, di p. VIII-134.	1 50
Vocabolario tecnico illustrato nelle sei lingue: italiana, francese, tedesca, inglese, spagnuola, russa, sistema Deinarth-Schloman, diviso in volumi per ogni singolo ramo della tecnica industriale.	
Vol. I. — Elementi di macchine e gli utensili più usuali per la lavorazione del legno e del metallo, in-16, p. VIII-403, con 823 inc. e prefazione dell'Ing. Prof. G. COLOMBO (esaurito).	
Vol. II. — Elettrotecnica, con circa 1000 inc. e numerose formule di p. XII-2100, a 2 e a 4 colonne	36 —

	L. C.
Vol. III. — Caldaie a vapore, Macchine a vapore, Turbine a vapore , p. XI-1322, con 3500 incisi	22 50
Vol. IV. — Motori a combustione , di p. X-618 con 1900 inc. e numerose formule	12 —
Vol. V. — Ferrovie: Costruzione ed esercizio , di p. XII-370, con oltre 1900 inc. e numerose formule	16 —
Vol. VI. — Ferrovie: Materiale mobile , con oltre 1500 illustr.	14 —
Vol. VII. — Apparecchi di sollevamento e mezzi di trasporto , di p. 650, con oltre 1500 inc.	15 —
Vol. VIII. — Il calcestruzzo armato nelle costruzioni , di circa 600 pagine, con oltre 1200 inc.	8 50
Vol. IX. — Macchine utensili , di pagine X-706 con 2400 incisioni	15 —
Vol. X. — Veicoli a motore (automobili, motoscafi, aeronautica ed aviazione) , con 1773 inc.	18 —
Vol. XI. — Siderurgia , di pag. XII-785 con 1600 inc.	15 —
Volapuk (Dizion. Italiano-volapük), nozioni di gram., di C. MATTEI, secondo i principi dell'inventore M. Schleyer, di p. XXX-198	2 50
Volapuk (Dizion. volapük-ital.), di C. MATTEI, p. XX-	2 50
Volapuk (Manuale di conversazione, di M. ROSA TOMMASI e A. ZAMBELLI, di p. 152	2 50
Vulcanismo , di L. GATTA, di p. VIII-268 e 28 inc.	1 50
Zebre (Le) di A. GRIFFINI. Studio zoologico popolare illustrato, di pag. XXVIII-298, con 41 tavole	4 —
Zinco . Caratteri e proprietà, di R. MUSU-BOY, di pagine XVI-219, 10 inc. e 4 tav.	3 50
Zolfo (Miniere di), di G. CAGNI, di p. XII-275 e 34 inc.	3 —
Zoologia , di E. H. GIGLIOLI e CAVANNA G.	
I. Invertebrati, di p. 200, con 45 figure (esaurito).	
II. Vertebrati, Parte I, Generalità, Ittiopsidi (Pesci e Anfi), di pag. XVI-153, con 33 inc.	1 50
III. Vertebrati, Parte II, Sauropsidi, Teriopsidi (Rettili, Uccelli e Mammiferi), di p. XVI-200, con 22 inc.	1 50
Zoonosi , di G. GALLI VALERIO, di p. XV-227	1 50
Zootecnia , di G. TAMPELLINI, 2 ^a ediz., di p. XV-444, 179 inc. e 12 tav.	5 50
Zootecnia — vedi: Abitazioni animali - Animali da cortile - Alimentazione del bestiame - Araldica zootecnica - Bestiame - Cane - Cani e gatti - Cavallo - Maiale - Ornitologia - Porco - Razze bovine - Veterinario - Maniscalco.	
Zucchero (Industria dello):	
I. Coltivazione della barbabietola da zucchero, di B. R. DEBARBIERI, di p. XVI-220 con 12 inc.	2 50
II. Commercio importanza economica e legislazione doganale, di L. FONTANA-RUSSO, di p. XII-244	2 50
III. Fabbricazione dello Zucchero di barbabietola, di A. TACCANI, di p. XII-228 con 71 inc.	3 50
Zucchero e alcool nel loro rapporti agricoli, fisiol. e soc. , di S. LAURETI, di p. XVI-426	4 50

INDICE ALFABETICO PER AUTORI (I numeri indicano le pagine)

Abbe P. Nuotatore	40
Abetti C. A. Fiammiferi	24
Aegna C. Microscopio	38
Adinolfi S. Diritto Intern. pen. 18	
Adler G. Esere. di lingua tedesca 23	
Aducci N. Le patate	41
— La Feccola	24
Aducco A. Chimica agraria	42
Agnelli O. Divina Commedia	19
Airy Q. B. Gravitazione	29
Alasia C. Trigonometria (Esere.) 51	
— Geomet. elem. (Complem. di) 27	
— Geometria della sfera	27
Albert A. Ventilatori	51
Alberti F. Il bestiame e l'agricol. 8	
Albi G. Capitano marittimo	10
Albini Q. Fisiologia	24
Alessandri P. E. Anal. chim. qual. 5	
— Analisi chimica quantitativa 5	
— Analisi volumetrica	5
— Chimica sostanze alimentari 12	
— Disinfezione	49
— Farmacista	23
— Merceologia tecnica	37
— Droge medicinali	21
— Urologia	51
Alfano G. B. Sismologia moderna 46	
Allevi G. Alcolismo	4
— Le malattie dei lavoratori	35
— Medicina sociale	37
Allori A. Dizionario Eritreo	20
Almagia G. La nave in battaglia 39	
Aloi A. Adulterazioni del vino 4	
— Piante industriali	42
Aly-Belfadel A. Gram. magiara 28	
Ambrosoli S. Atene	8
— Numismatica	40
— Atlante numismatico	40
— Monete Greche	38
— Vocabolario dei numismatici 52	
— Monete papali	38
Andreani I. Il progettista mod. 43	
— Costruzioni lesionate	17
— Corso completo di disegno	19
— L'arte nei mestieri: Falegname - Fabbro - Muratore	7 23 39
— Contratti e collaudi	16
— Tecnologie per i giovani	49
— Stime di lavori edili	47
Andreini A. Sfere cosmografiche 46	
Andrich G. L. Diritto italiano 49	
Androvic G. Gr. Serbo-croata	18
Antilli A. Disegno geometrico 19	
Antonelli G. Igiene del sonno 30	
— Igiene della mente	29
— Igiene del piede	29
— Antropologia Criminale	6
Antonini E. Pellagra	41
Appiani G. Colori e vernici	14
Arcangeli P. Letter. giapponese 32	
Archeffi A. Colle anim. e veg. 14	
Arduino M. Consoli e consolati 15	
— Diplomazia	18
— Emigrazione	22
Arlla C. Dizionario bibliogr.	19
Arpesani C. Lav. metalli e legn. 31	
— Operaio meccanico	40
Arrighi C. Dizionario milanese 20	
Arrigoni E. Ornitologia	40
Arti grafiche, ecc.	7
Artini E. I minerali	38
Aschieri F. Geom. projet. d. piano 27	
— Geometria projet. d. spazio 27	
Aziosi L. Eloquenza	21
— Vita di Gesù	27-52
— Vita di Maria	35-52
Asprea V. Apicoltura	42
Asolfoni A., La pila elettrica 42	
— Malattie dei vini	35
Avigliano L. Giuoco d. dam 18	
Azimonti E. Frumento	25
— Campicello scolastico	10
— Mais	35
Baccarini P. Malatt. crittogam. 35	
Baccioni G. Seta artificiale	46
Baddeley V. Law-Tennis	31
Bagnoli E. Strumenti metrici 48	
Baldi C. Corti d'assise	16
Ball J. Alpi (Le)	5
Ball R. Stawel. Meccanica	36
Ballorini O. Fiori artificiali	24
Balsame M. Laminaz. del ferro 31	
Baluffi G. Cemento armato	17
Balzani A. Shakespeare	46
Barbieri A. Poligonazione	42
Baroschi E. Conversaz. franc. 16	
Barpi U. Igiene veterinaria	30
— Bestiame	8
— Abitaz. d. animali domestici. 3	
Barth M. Analisi del vino	5
Bartoli A. Stilistica latina	47
Bassi D. Mitologie orientali	38
— Cultura greca	17
Bassoli G. Aerostatica	4
Bastiani F. Lavori marittimi	31
Belfiore G. Magnetis. ed ipnotis. 34	
Belli B. Il Caffè	8
Belli C. M. Igiene ospedaliera 29	
Bellini A. Igiene della pelle	29
— Luce e salute	34
Bellini C. Scritt. dopp. all'amer. 46	
Bellio V. Mare (Il)	35
— Cristoforo Colombo	1

Bellotti S. Luce e colori	34
Bellotti G. Bromatologia	9
Belluomini G. Calderaio pratico 10	
— Cubatura dei legnami	17
— Fabbro ferrajo	23
— Falegname ed ebanista	23
— Fonditore	25
— Operaio (Manuale dell')	40
— Peso dei metalli	41
— Ricettario di metallurgia	45
Beltrami G. Filatura di cotone 24	
Beltrami L. Aless. Manzoni	35
Beltrandi C. I fagiani	23
Benetti J. Meccanica	36
Beretta A. Il nuoto	40
Bergamaschi O. Contabilità dom. 16	
— Ragioneria industriale	44
Berlese A. Ins. d. case e dell'uomo 31	
Bernardi G. Armonia	7
— Contrappunto	16
Bernhard. Infortuni di mont. 30	
— L'ellioterapia in montagna. 21	
Bertelli G. Disegno topografico 19	
— Telemetria	49
Bertolini G. Unità assolute	51
Bertolio S. Coltiv. Minerale	38
Bertoni G. Italia dialettale	31
Berzolari L. Geom. analit. I. II. 26	
Besta R. Anat. e fisiol. compar. 5	
Bettei V. Morfologia greca	38
Bettoni G. Piscicoltura	42
Beverson G. Tabacco	49
Bianchi E. Merceologia	37
Biancetti G. V. Man. del Notaio 39	
Bignami-Sermani E. Diz. alpino 19	
Bilancioni G. Diz. botanica gen. 19	
Billich, Dizionario serbo	20
Biondi L. Pino da pinoli	42
Biraghi G. Socialismo	47
Biscioni A. Esercizi greci	23
Blanc G. A. Radioattività	44
Boccardi G. L'Euclide emend. 23	
Boccardo A. D. Eletr. medica 21	
Boek C. Igiene privata	19
Boito C. Disegno (Princ. del)	19
Bolla A. Chimica analitica	12
Bombicci C. Mineral. generale 38	
— Mineralogia descrittiva	38
Bonacossa A. Il tennis	49
Bonacossa C. Fotografia ortocer. 25	
Bonardi E. Borsa e valori pubbl. 9	
Bonaventura A. Viol. e violinist. 52	
Bonci E. Teoria delle ombre	49
Bonelli L. Grammatica turca	29
— Turco parlato	51
Bonetti E. Biancheria	9
— Abiti per signora	3
Bonino G. B. Dialetti greci	18
Bonizzi P. Colombi domestici. 14	
Bonomi Da Ponte. Colori vern. 14	
Borgarello E. Gastronomia	16
Borletti F. Celerimensura	11
— Form. per il calc. di risvolte 25	
Berrino F. Motociclista	39
Borsari L. Topogr. di Roma ant. 50	
Boselli F. Orefice	40
Boson G. Assiriologia	7
Bossi L. M. Ostetricia	41
Bottini-Barzizza G. Gnomonica 28	
Bragagnolo G. Storia di Francia 48	
— Storia d'Inghilterra	48
Bresadola P. Condotte d'acqua	3
— Strade urbane e provinciali 48	
Brightoni E. Diz. greco moderno 20	
— Crestomazia neo-ellenica	17
— Conversazione neo-ellenica	16
Briganti L. Letterat. egiziana 32	
Brocherel G. Alpinismo	5
Broggi U. Matemat. attuariale 35	
Brovodani G. U. Elettricità ind. 34	
Brown H. T. Meccanismi (500) 17	
Bruni F. Tartufi e funghi	49
Bruni E. Catasto italiano	11
— Codice doganale italiano	13
— Contabilità dello Stato	16
— Imposte dirette	20
— Legislazione rurale	32
— Ricchezza mobile	44
— Debito pubblico	18
— Legge notarile	32
Bruno A. Tiro a segno nazionale 50	
Bruno D. Oculistica	40
Bruttini A. Libro dell'agricoltore 4	
— L'elettr. nell'agricoltura	21
Bucci di S. Flotte moderne	25
Budan E.. Autografi (Amat. di) 8	
Buralli-Forti C. Logica matem. 34	
Buttari F. Saggiatore (Mad. di) 45	
— Alligazione	5
Caecia A. Costruzione d. città 13	
Caffarelli F. Strumenti ad arco 48	
Cagni G. Le miniere di zolfo. 53	
Calliano C. Soccorsi d'urgenza 46	
— Assist. degli infermi	7
Calzavara V. Industria de gas 26	
— Motori a gaz	39
Campagna E. Nave subacquea 39	
Campazzi E. N. Dinamometri	18
Camperio M. Tigre-italiano	50
Campi C. Campicello scolastic 10	
Caneogni D. Il Palatino	45
Canella R. Gli stili architettonici 47	
Canestrini G. Fulmini e paraf. 26	
— Antropologia	6
— Apicoltura	6
— Batteriologia	8
Canovazzi E. Araldica zootec 4	
Canzamesa F. Alcool	9
Canzani. Telegrafista	49
— Telegrafia	49

Cautoni C. Logica	34
— Psicologia	43
Cantoni G. Tabacco (II)	49
Cantoni P. Igroscopt, igrom.	30
Capalozza C. Ufficio di conciliaz.	15
Capello F. Rettorica	44
— Stilistica	47
Capilupi A. Assicuraz. e stima	7
— Nevrasenia	39
Cappelli A. Diz. di abbreviat.	3 19
— Cronologia e calend. perpetuo	17
Cappelloni G. Trasporti aerei	50
Carazzi D. Ostricoltura	41
— Anat. microsc. (Tec. di)	5
Caroforo E. Elem. di somalo	4
Caroga di Muricee Agronomia	4
Caronali T. Finanze	24
Carotti S. Storia dell'arte	28
Carrolli A. Igiene rurale	49
Carregaro Negrin C. Paga giorn.	41
Casaburi V. Concia, tintura pelli	45
Casagrandi V. Storia e Cronol.	45
Casali A. Humus (L')	29
Casali I. Casette popolari	11
Casali P. Congelamenti	15
Casartotti F. Pat. infortuni lav.	41
Casartelli E. Ornam. sulle stoffe	40
Caselli C. Speleologia	47
Castellani L. Acetilene (L')	3
— Incandescenza	30
Castiglioni L. Beneficenza	8
Castoldi A. Liguorista	34
Cattaneo C. Dinamica element.	48
— Termodinamica	49
— Embriolog. morf.	22
— Malattie infanzia.	35
Cattaneo G. Convers. tedesca	16
— Dizionario italiano-tedesco	20
Cavallari D. Legis. delle acque	32
Cavanna G. Zoologia	53
Cavara P. Funghi mangerecci	26
Cel L. Locomobili	34
— Caldaie a vapore	10
Celoria G. Astronomia	7
Cerchiarì G. L. Chir. e tatuag.	12
— Fisionomia e mimica	24
Cereti P. E. Esercizi latini	23
Cerutti A. Fognat. domestica	25
Cettolini S. Malattie dei vini	35
— Dal mosto al vino	39
— Vini da residui e artificiali	52
Chimenz S. Diz. ital.-giapponese	20
Chiesa C. Logismografia	34
Chiodi V. Profilassi e disinfez.	43
Chierino E. Il falconiere mod.	23
Chievate D. Operato meccanico	40
Giampoli D. Letterature slave	33
— appetti G. L'alcool industriale	4
— Il dust. tartarica	30
Gignoni A. Ingegnere navale	31
Gioeca G. Pasticcere e confett.	41
— Gelati	26
Claudi C. Prospettiva	43
— Chimica industriale	12
Glerico G. v. Müller, Metrica	37
Codici del Regno d'Italia	13
Cogoli P. Pompieri moderno	42
Collamarini G. Biologia	9
Colombo E. Repubb. Argentina	6
Colombo G. Ingegnere civile	30-52
Colombo L. Nutriz. del bamb.	40
Comboni E. Analisi del vino	5
Concari T. Gramm. italiana	28
Conelli A. Posologia terap. inf.	42
Conelli S. Fonologia latina	25
— Letteratura norvegiana	33
Conter P. Industrie galvan.	22
— Galvanostegia	26
— Arti grafiche	7
Conti P. Giardino infantile	27
Contuzzi F. F. Diritto costitus.	18
— Diritto internaz. privato	18
— Diritto internaz. pubblico	19
Corsi E. Codice del bollo	13
Cortese E. Metallurgia dell'oro	37
— Planetologia	42
Corti I. Letteratura inglese	32
Cossa A. Elettrochimica	24
Cossa L. Economia politica	21
Costanzo G. Meteorologia agrig.	37
Cougnat Pugilato antico e mod.	43
— La lotta greco-romana	34
— Lotte libere moderne	34
Coullaux L. Igiene della bocca	29
Craveri C. Insetti nocivi	31
— Conifere	15
— Essenze naturali	23
— artificiali	23
— Piante aromatiche	14 41
— Prod. chim. org. come medic.	43
— Specialità medicinali	47
Cremona I. Alpi (Le)	5
Cristofoli a. Stenografo pratico	47
Crollanza G. Araldica (Gr)	6
Croppi G. Canotaggio	10
Croffi F. Compens. degli errori	15
Cuneo A. Appalti Opere Pubbl.	6
Curì R. Infortuni della mont.	30
— L'elloterapia in montagna	21
Cust R. Relig. e lingue d. India	44
— Lingue d'Africa	33
D'Adda L. Marine da guerra	35
Dal Piaz. Cognac	14
Damiani Lingue straniere	33
D'Angelo G. Vetro	51
Dante Alighieri. Tavole	19
Da Ponte M. Distillazione	19
De Amezaga. Marina militare	35
De Barbieri R. Zucchero (Ind. d.)	53

De Brun A. Contab. comunale	16
— Contabilità aziende rurali	15
De Gillis E. Mosti (Densità del)	39
De Franck Ph. Le carte magiche	11
De Gasparis A. Sale e saline	45
De Gregorio G. Glottologia	28
De Guarinoni A. Lett. italiana	33
De Gubernatis A. Lett. indiana	32
— Lingue d'Africa	33
— Relig. e lingue dell'India	44
Del Fabro G. Topografia	50
— Calcoli di topografia	50
Dell'Aquila F. Morte vera e ap.	38
Del Lupo M. Pomol. artificiale	42
Del Nere G. Piante erbacee a	42
— seme oleoso	42
De Marchi L. Meteorologia	37
— Climatologia	13
De Maria A. Man. di Aviazione	8 39
De Martino A. Gram. persiana	28
De Mauri L. (Amatore) Maioliche	34
— Amatore d'oggetti d'arte	5
— Amatore miniature in avorio	5
Deasy. Elettrotecnica	22
Devo L. Congelamenti	15
Di Colo F. Impalsamaz. umana	30
Di Maio F. Pirotecnica	42
Dinaro S. Tornitore meccanico	50
— Macchine (Montatore)	34
— Atlante di macchine	34
— Meccanica industriale	36
— Perito meccanico	41
— Macchine utensili	34
— Capo-meccanico	11
Dizionario univ. in 4 lingue	21
Dompè C. Man. del commerc.	15
— Vademecum uomo d'affari	51
— Vorbi francesi	51
D'Onofrio G. Conserve aliment.	15
D'Ormea G. Radioattività	44
D'Ovidio Fr. Grammatica sto-	29
— rica di lingua ital.	46
Dowden Shakespeare	46
Doyen C. Litografia	34
Duca L. Fres. torn. meccanico	25-50
Durso-Pennisi Diz. enologico	20
— Vini speciali e artifi.	52
— Invecchiamento artifi. vini	31-52
— Vini non genuini	52
Ercolani G. Malaria e risaie	35
— Il pane	41
Erede G. Geometria pratica	27
Fabris G. Olii e grassi vegetali	40
Fachini S. Materie grasse	36
— Industria tessile	30
Faè G. Eletticità e materia	21
Faelli F. Razze equine	44
— Cani e gatti	10
— Animali da cortile	5

Faelli F. Il porco	42
Falco A. Contabilità bancaria	16
— Corrispond. bancaria	16
Falcone C. Anat. topografica	5
— Embrione umano	22
Fanoli G. Tubercolosi	51
Fantasia P. Metodi min. quadr.	38
Fanti A. Costruzioni rurali	17
— La pratica delle bonificazioni	9
Faralli G. Ig. d. vita pub. e pr.	28
Farina G. Grammatica egiziana	23
Fascetti G. Caseificio	11
Fava D. Sinonimi latini	46
Fenici C. Letteratura italiana	32
Fenizia C. Evoluzione	25
Ferrari A. Lettura carte topogr.	32
Ferrari D. Arte (L') dal dire	7
— Esercizi di grammatica	23
— Grammatica italiana	28
Ferrari E. Boschi e pascoli	9
— L'agricol. in Italia ein Libia	9
— Prontuario forestale	43
Ferrari G. Scenografia (La)	45
Ferrari V. Lett. mod. italiana	38
— Lett. moderna e contemp.	33
Ferrario C. Curve circolari	17
— Curve graduate	17
Ferrari C. Veneti ed avvelen.	51
Ferreri Mitoldi S. Agrimensura	4
Ferretti U. Mal. inf. di animali	35
— Carni conservate	11
Ferrini C. Diritto pen. romano	19
Ferrini R. Energia fisica	22
— Eletticità	21
— Telegrafia	49
Ficai P. Estimo rurale	23
Filippini P. Estimo dei terreni	23
Finzi J. Psichiatria	43
Fiori A. Dizionario tedesco	20
— Conversazione tedesca	16
Fiorilli C. Omero	41
Fiorini G. Pirotecnica	42
Fogli O. Legnami ind. ed esotici	47
— Stime forestali	47
Fomin V. Vocabolario russo	52
Fontana-Russo Zucchero	53
Fonzi A. Mitologia greca	38
Forino L. Il violoncello	52
Formentano A. Camera di cons.	10
Formenti C. Alluminio	5
— Residui agricoli	44
— Residui industriali	44
Fornasari G. Il cuore e suoi mali	17
Fornari P. Sordomuto (II)	47
Fornari U. Vernici e lacche	51
— Luce e suono	34
— Calore (II)	10
Foster M. Fisiologia	24
Fracassi A. Il Corano	16
Franceschi G. Cacciatore	9

Licò N. Protes. degli animali . . .	43
— Occultismo . . .	40
Linone A. Metalli preziosi . . .	37
Livy P. Dittori italiani . . .	49
Livi L. Antropometria . . .	6
Locher C. Man. dell'organista . . .	40
Loekyer I. N. Astronomia . . .	7
Lojaccone N. Sughero e scorse . . .	49
Lombardini A. Anat. pittorica . . .	5
Lombroso G. Grafologia . . .	28
Lomuscio A. Igiene della vista . . .	33
Lo Piano G. Eletticità e calore . . .	24
Loria G. Geometria descrittiva . . .	27
— Poliedri curve e superfici . . .	42
— La scienza dell'antica Grecia . . .	45
— Storia delle matematiche . . .	48
Loria L. Tracciamento curve . . .	18 50
Loris. Diritto amministrativo . . .	18
— Diritto civile . . .	18
Lovera R. Gramm. greca mod. . .	28
— Grammatica rumena . . .	28
— Letteratura rumena . . .	33
Luxardo O. Mercologia . . .	37
Maccaione N. Latino volgare . . .	31
Maddalena G. Tariffa dazi dog. . .	18
Maderna G. Prodotti ceramici . . .	43
Maffioli D. Diritti e dov. del cit. . .	18
— Scrittura d'affari . . .	46
Maggi I. Protistologia . . .	43
— Tecnica protistologica . . .	49
Magnasco F. Lingua giapponese . . .	33
— Lingua cinese parlata . . .	30
Magrini E. Infortuni sul lavoro . . .	3
— Abitazioni popolari . . .	3
Magrini G. Limnologia . . .	33
— Oceanografia . . .	40
Magrini G. Arte tecn. di canto . . .	10
— Musica . . .	39
Magrini G. P. Elettromotori . . .	24
Mainardi G. Esattore . . .	22
Mainoni R. Massaggio . . .	35
Malaferla G. Materia medica . . .	36
— L'arte di prescriv. i rimedi . . .	45
Malagoli C. Ortopedia italiana . . .	41
Malatesta G. Cellulosa . . .	11
— Il Catrame . . .	11
— Lignite e torba . . .	33
Malavasi C. Ing. costrut. mecc. . .	31
— Turbine idrauliche . . .	51
— Macchinista e fuochista . . .	34
— 550 meccanismi . . .	37
Malfatti B. Etnografia . . .	23
Mancini P. La rachitide . . .	43
Mancini T. Malattie orecchio . . .	35
Mancini L. Man. del pescatore . . .	41
— Caffettiere . . .	9
— Salsamentario . . .	45
— Droghiere . . .	21
Manicardi G. Conser. prod. agr. . .	15
Mannucci M. Moneta e monetaz. . .	38

Mannucci M. Pietre preziose . . .	42
Mantovani G. Psicolog. fisiol. . .	43
Maometto. Il Corano . . .	19
Marazza E. Stearineria . . .	47
Marcel C. Lingue straniere . . .	34
Marchesi G. B. Gramm. italiana . . .	28
Marchettano E. I prati . . .	42
Marchi E. Maiale (II) . . .	34
Marchi G. Operato elett. . .	40
Marcolongo R. Eq. d. corpi elast. . .	22
— Mecc. razionale . . .	36
Mari G. Vocabolario italiano . . .	52
Mariani A. Geografia economica . . .	26
Mariani E. Ammi. comunali . . .	5
Mariani V. Cinematografia . . .	13
Marro A. Correnti alternate . . .	16 30
— Ingegnere elettricista . . .	31
Martini E. Cultura greca . . .	17
Marucchi O. Epigrafi cristiana . . .	22
Marzotti E. Codice perito mis. . .	13
Masetti A. Logismografia . . .	34
— Ragioneria pubblica . . .	44
— Ragioneria industriale . . .	44
— Ragioneria domestica . . .	44
Masini M. U. Assist. ammalati . . .	7
Masotti A. Il Mesotario . . .	37
Massenz A. Lavorazione acciai . . .	3
— Meccanico moderno . . .	36
— Viti meccaniche . . .	52
— Fonditore metalli . . .	25
Massero F. Aggust. mecc. . .	4
— Meccanica applicata . . .	36
Mattel C. Volapük (Dizion.) . . .	53
Maurantoni L. L'arsenico . . .	7
Mazzocchi L. Calci e cementi . . .	10
— Codice del perito misuratore . . .	13
Mazzoccolo E. Legge comunale . . .	31
Medri. Analisi chimiche . . .	5
Melani A. Architettura italiana . . .	6
— Arte decorativa . . .	7
— Insegnamento - Disegno . . .	19
— Pittura italiana . . .	42
— Ornata . . .	40
— Scultura italiana . . .	46
— Gli Stili . . .	7
Melis-Marini F. Acquaforte . . .	3
Melli B. L'Eritrea . . .	22
Menozi. Alimentaz. bestiame . . .	4
Mercalli G. Geologia . . .	27
Mercanti F. Animali parassiti . . .	5
Meyer E. Storia della chimica . . .	12
Meyer H. Colori e vernici . . .	14
Meyer-Lübke G. Gram. storica . . .	29
Mezzanotte G. Bonificazioni . . .	9
— Municipaliz. dei serv. pubbl. . .	39
Miliani E. Scacchi . . .	45
Minardi A. Polizia sanitaria . . .	42
Minervini L. Terapia del cuore . . .	17
Minozzi A. Fosfati . . .	25
Minutilli G. Scienza attuariale . . .	45

Minutti R. Letteratura tedesca . . .	33
— Traduttore tedesco . . .	50
Miola F. Cont. imprese elettrotec. . .	16
Molina E. Antologia stenogr. . .	6 47
Molina E. Dizionario stenogr. . .	20 47
Molina. Curatore dei fallimenti . . .	17
Molina R. Esplosivi . . .	23
Molon G. Pomologia . . .	42
— Ampelografia . . .	5
Molon G. Le jucche . . .	31
Mordani S. Produzione dei vini . . .	43
— Costruz. enotecniche . . .	17
Mongeri L. Malattie mentali . . .	35
— Psicopatologia legale . . .	43
Montagna A. Fotosmaltografia . . .	25
Montelatici G. Letter. bizant. . .	32
Montemartini L. Fisiol. veget. . .	24
Morrelli L. Man. del Casaro . . .	41
Moreschi N. Antichità private . . .	5
Morgagna A. Storia d. pedagog. . .	41
Morgana G. Gramm. olandese . . .	28
Morini U. Ufficiale (Man. p. 1) . . .	51
Morselli E. Sociol. generale . . .	47
Motta G. Telefono . . .	49
Mottola F. Come si vince la tisi . . .	50
Muffone G. Fotografia . . .	25
Müller L. Metrica Greci e Rom. . .	37
Müller O. Logaritmi . . .	34
Murari O. Fisica . . .	24
— Telegrafia senza fili . . .	49
Murari L. Ritmica . . .	45
Musatti E. Leggende popolari . . .	32
Musu-Boy E. Lo zinco . . .	53
Murio C. Medico pratico . . .	37
— Malattie dei paesi caldi . . .	35
Nyllus A. Oreficeria fiorente . . .	40
Naccari P. Astronomia nautica . . .	7
Nallino A. Arabo parlato . . .	6
Namias E. Fabbr. degli specchi . . .	47
— Processi fotomeccanici . . .	43
— Chimica fotografica . . .	12
— Chimico siderurgico . . .	12
Nazari O. Dialetti italiani . . .	13
Negri P. Oftalmologia veter. . .	40
Negrin C. Paga giornaliera . . .	41
Negre C. Meteorol. agricola . . .	37
Nenci T. Bachi da Seta . . .	8
Niccoli V. Alimentaz. bestiame . . .	4
— Cooperative rurali . . .	16
— Costruzioni rurali . . .	23
— Prontuario dell'agricoltore . . .	4
— Meccanica agraria . . .	36
Nicoletti A. Stenografia (Guida) . . .	47
— Esercizi di stenografia . . .	47
Nicoletti D. Abbreviaz. stenogr. . .	47
Noelli A. Prospettiva p. scult. . .	43
Nordin A. Il garofano . . .	26
Noseda E. Leggisaz. sanitaria . . .	32
— Lavoro delle donne e fanciulli . . .	31

Noseda E. Codice ingegnere . . .	13
— Codice del lavoro . . .	13
Oddone F. T. Lavori femminili . . .	31
Olivari G. Filonauta . . .	24
Olmo C. Diritto ecclesiastico . . .	18
Oppizzi P. Trazione ferroviaria . . .	51
Oppizzi P. Ferrovie e tramvie . . .	51
Orilia E. La madreperia . . .	34
Orlandi G. Celerimensura . . .	41
Orsi P. Storia d'Italia . . .	48
Ostwald W. Chimica analitica . . .	12
Ottavi O. Enologia . . .	22
— Viticoltura . . .	52
Ottolenghi A. Canto gregoriano . . .	10
Ottone G. Trazione a vapore . . .	51
Ovio G. Ottica di Euclide . . .	41
Padovani A. Epigrafi italiana . . .	22
Padovani G. Letterat. francese . . .	32
Paganani C. Assoc. sulla vita . . .	7
Paganini P. Fotogrammetria . . .	25
Palombi A. Manuale postale . . .	40
Palumbo R. Omero . . .	42
Panizza F. Aritmetica razion. . .	7
— Aritmetica pratica . . .	7
— Esercizi Aritmetica raz. . .	7
Panzon G. Analisi qualitativa . . .	5
Paolotti S. Invenzioni utili . . .	31
Paoloni P. Disegno assonom. . .	19
Pappalardo A. Spiritismo . . .	47
— Dizionario scienze occulte . . .	46
— Telepatia . . .	49
Parise P. Ortofrenia . . .	41
Parisi P. Letteratura univers. . .	33
Paroli E. Grammatica sved. . .	29
Pascal T. Tintura della seta . . .	50
Pascal E. Calcolo differenziale . . .	10
— Calcolo integrale . . .	10
— Calcolo delle variazioni . . .	10
— Determinanti . . .	13
— Esercizi di calcolo . . .	10
— Funzioni ellittiche . . .	26
— Gruppi di trasformazioni . . .	29
— Matematiche superiori . . .	36
Pasini A. Sifilide . . .	46
Pavanello F. A. Verbi latini . . .	51
Pavia A. Tattica applicata . . .	49
Pavia L. Grammatica tedesca . . .	29
— Grammatica inglese . . .	28
— Grammatica spagnuola . . .	29
Pavolini E. Buddismo . . .	9
Pavone L. Man. del bottale . . .	9
Payn G. Dizionario inglese . . .	20
Pecchiai P. Man. per gli archiv. . .	8
Pedicino N. Botanica . . .	9
Pedretti G. Automobilista (L) . . .	8
— Guida G. mecc. Chauffeur . . .	12
— Chauffeur di sé stesso . . .	12
Pedrini. Casa dell'avvenire . . .	11
— Città moderna . . .	13
Peglion V. Fillossera . . .	24

Pelizzaro E. Trasporti e tariffe	50
Pellerano L. Aut-cromista	8
Pellizza A. Chimica sost. color.	14
Penzig G. Flora delle Alpi	28
Perassi T. G. Sintassi latina	46
Perossi R. Calligrafia	10
Perdomini O. Corrisp. telefonica	16
Perdoni T. Idraulica	29
Pesce P. A. Macelli moderni	34
— Malattie dei cani	10
Pesce P. A. Malatti dei polli	35
— Malattie degli animali utili	35
Pestalozza F. Relig. primitive	44
Peterlengo G. Man. del sarto	45
Petri L. Computisteria agraria	15
Petzholdt E. Bibliotecario	9
Piazzoli E. Illuminaz. elettr.	30
— Sovraten. negli imp. elettr.	47
Piccinelli F. Società per azioni	47
Piccinini P. Farmacoterapia	24
Pieraccini A. Assist. dei pazzi	7
Pilo M. Estetica	23
— Psicologia musicale	43
Pincherle S. Algebra element.	4
— Algebra (Esercizi)	4
— Algebra complementare	4
— Geometria (Esercizi)	27
— Geom. metrica e trigonometria	27
— Geometria pura	27
Pinchetti P. Tessitore	50
— Compositore di tessuti	50
Pini P. Epilessia	22
Pinza G. Paleontologia	41
Pisano A. R. Telaio meccanico	49
Pisani A. Mandolinista	35
— Chitarra	13
Pizzamiglio G. Costruz. metall.	17
Pizzi L. Letteratura persiana	33
— Islamismo	31
— Letteratura araba	32
Pizzini L. Disinfezione	19
— Microbiologia	37
Plassio E. Il cammello	10
Plebani B. Arte della memoria	7
Polaoco L. Divina Commedia	19
Polaris E. Grammatica storica	29
— Verbi italiani	51
Ponci P. Tessitura seta	50
Porro F. Spettroscopio	47
— Gravitazione	29
Porro-Lambertenghi G. Il tennis	49
Portal E. Letterat. provenzale	33
— Antologia provenzale	6
— Grammatica provenzale	28
Portiglietti C. Psicoterapia	43
Pezzi G. Regolo calcolatore	44
Prat G. Grammatica francese	28
— Esercizi di traduzione	23
— Lectures françaises	31
Prato G. Cognac	14

Prato G. Vini bianchi	52
Prato M. Industria tintoria	39
Proctor R. A. Spettroscopio	47
Provasi A. Filatura della seta	34
Prout E. G. Strumentazione	43
— Piante e fiori	41
Pucci A. Orchidee	26
— Il giardiniere I e II	27
Pucci C. Il maiale	34
Pugliese A., Fieni italiani	24
Pullè F. Congelamenti	15
Quao F. Calcoli fatti	10
Quaranta V. Sintassi greca	46
Quintavalle F. Risorg. italiano	45
Rabbene A. Menzeria	37
— Ipoteche (Manuale per lo)	31
— Consorzi di difesa del suolo	15
Racciolopi F. Ordinamento degli Stati liberi d'Europa	40
— Ord. Stati fuori Europa	40
Ragazzi M. Igiene della scuola	29
Ragno S. Saldature dei metalli	45
Raina M. Logaritmi	34
Ramenzoni L. Cappellaio	11
Ramorino F. Letterat. romana	33
— Mitologia (Dizionario di)	33
— Mitologia classica illustrata	38
Rampini R. Pompei moderno	42
Ranelletti G. Geom. descrittiva	26
— Applicaz. di geom. descrittiva	26
Ranzoli C. Dizion. scienze filos.	20
Rasio S. La Birra	9
Re O. Cinematografo	13
Rebuschini C. Malattie sangue	35
— Organoterapia	40
— Sieroterapia	46
Regazzoni J. Paleontologia	41
Reggiani E. La produz. del latte	31
Reina V. Teoria strum. diottrici	43
Reposi A. Igiene scolastica	29
Revel A. Letteratura ebraica	32
Revelli P. Mannale coloniale	14
Revere G. Matt. e pietre sabbia	36
— I laterizi	31
Ribolla R. Il medico a bordo	37
Ricci A. Marmista	35
Ricci E. Chimica	12
Ricci S. Epigrafa latina	12
— Archeologia Arte. etr., greca	6
— Monete greche	38
Ricci V. Strumentazione	43
— Pianista	41
Ricciarelli V. Oftalmologia	40
Righetti E. Asfalto	7
Righini E. Pino da pinoli	42
Rigutini G. Diz. inglese-italiano	11
Rizzi G. Man. del Capomastre	20
Rizzini E. Colori e vernici	14
Rivelli A. Stereometria	47

Roatta G. B. L'elioterapia med.	21
Rocca G. Assicurazione	7
Roda F. Floricoltura	24
Rodari D. Sintassi francese	46
— Esercizi sintattici	23
Rodella A. Diabete melito	18
Romagnoli F. Scoutismo	46
Romanelli M. G. Trine al fusello	51
Romanelli U. Acetilene	3
Ronchetti G. Pittura per dilett.	42
— Pittura murale	42
— Grammat. di diseg.	19
— L'arte di dipingere s. stoffe	49
— Composizione delle tinte	15
Roscoe H. E. Chimica	12
Rossetto V. Storia Arte Milit.	43
— Avarie e sinistri marittimi	8
Rossi A. Liquorista	34
— Profumerie	43
Rossi C. Costruttore navale	17
Rossi G. B. L'arte dell'arazzo	6
Rossi G. Statmografia	47
Rossetti M. A. Form. di matema.	25
Rota G. Ragioneria cooperat.	44
Roux C. Man. del Veterinario	51
Rovetta R. Pastificio	41
— Pomodoro	42
Ruata G. Igienista	30
Rumor C. Riscaldamento	45
Sacerdote G. Dizionario tedesco	20
Sacchi P. G. L'Enclide emen.	26
Sacchetti G. Tecnologia monet.	49
Sacchero G. Vigile urbano	52
Sala A. Balbuzie (Cura delle)	8
Salvagni G. Fig. grammaticali	24
Salvaneschi N. Sports invernali	47
Salvatore A. Leggi infort. lav.	32
Samarani F. Birra	9
Sanarelli. Igiene del lavoro	29
Sandri C. Canali in terra e mur.	10
Sandrinelli G. Resistenz. mater.	44
Sannino F. A. Cognac	14
Sansoni F. Cristallografia	17
Santilli. Selvicoltura	46
Sanvisenti B. Letterat. spagn.	33
Sardi E. Espropriazioni	23
Sartori L. Carta (Industr. della)	11
Sassi L. Carte fotografiche	11
— Ricettario fotografico	44
— Proiezioni (Le)	43
— Fotografia a colori	25
— Fotocromotografia	25
— Fotografia senza obbiettivo	25
— Primi passi in fotografia	25
Saulle L. Dattilografia	18
Savola U. Metallografia	37
Savorgnan M. A. Piante tessili	42
Scanferia G. Stamp. a caldo	47
Scanseffi V. Saponi	45
— Candele (l'indus. d.)	10

Scarano L. Dantologia	18
Scarpis H. Teoria dei numeri	48
Scartazzini G. A. Dantologia	18
Schenck E. Resis. travi metall.	44
Schiaparelli G. V. L'astronomia	8
Schincaglia J. La Röntg n. tes.	45
Schalhub G. Gramm. italo-	28
Scolari C. Dizionario alpino	19
Secco-Suardo. Ristan. dipinti	44
Seghieri A. Scacchi	45
— Reggenza L. Il geol. in camp.	26
Sella A. Fisica cristallografica	24
Senna A. Le farfalle	22
Serafini A. Pneumonia crupale	52
Sergi S. L'antropologia	6
Serina L. Testamenti	50
Sernagiotto E. Enol. domestica	22
Sessa G. Dottrina popolare	21
Setti A. Man. del Giurato	27
Settimi L. Caoutchouc	10
— Gomme, resine, ecc.	28
Severi A. Monogrammi	38
Signa A. Barbab. da zucchero	8
Siber-Millot C. Molini e macin.	38
Silva B. Tisici e sanatori	50
Simari F. R. Olivicoltura	40
Sisto A. Diritto marittimo	19
Soldani G. Agronom. moderna	4
Solerio G. P. Rivoluz. francese	45
Soli G. Didattica	18
Soresina A. Monogr. moderni	38
Spagnotti P. Verbi greci	51
Spampani G. Cultura montana	15
Spataro D. Fognat. cittadina	25
Sperandeo P. G. Lingua russa	33
Stanga I. Suinicoltura	49
Stocchi R. Chirurgia operator.	13
Stöffer E. Matt. e pietre sabb.	36
Stoppani A. Geografia fisica	26
— Geologia	27
— Prealpi bergamasche	43
Stoppato L. Fonologia italiana	25
Strafforello G. Alimentazione	4
— Errori e pregiudizi	22
— Letteratura americana	32
Stratičò A. Letteratura alban.	32
Strobino G. Apparech. d. tessuti	6
Strohmenger H. Riscaldamento	45
Strucchi A. Cantiniere	10
— Enologia	22
— I migliori vini d'Italia	52
— Viticoltura	52
— Man. del bottaio	9
— Vini bianchi	52
Supino F. Idrobiologia	29
— Piscicoltura pratica	42
Supino R. Chimica clinica	12
Suzzi A. Lawn-Tennis	31
Tabanelli L. Codice del teatro	13
Taccani A. Zucchero (Fabbr. di.)	53

Tacchinardi A. Ritmica music. 45
 — Acustica music. 4
 Tacchini A. Metrologia 37
 Taddai P. Archivista 6
 Tajani F. Le strade f. in Italia 43
 Tamaro D. Frutticoltura 26
 — Gelsicoltura 26
 — Orticoltura 41
 — Uve da tavola 51
 Tami F. Nautica stimata 39
 Tampellini G. Zootechnia 53
 Taramelli A. Prealpi bergam. 43
 Teloni B. Letteratura assira 32
 Testi F. Epidemie esotiche 22
 Thompson E. M. Paleografia . 41
 Thomson L. Elet. e materia 2
 Tiburzi A. Forno elettrico 25
 Tioli L. Acque minerali e cure 3
 Tiscornia G. Smacchiatura 46
 Tognini A. Anatomia vegetale 5
 Tognoli E. Reattivi e reazioni 44
 Tolosani D. Enimistica 22
 Tomellini L. Polizia giudiziaria 42
 Tommasi M. R. Conv. Volapük 53
 Tonelli L. Il Selfacting 46
 Tonizzo C. Stati ant. (Grecia) 47
 Tonta I. Raggi Röntgen 44
 Tonzig C. Igienista 30
 Tozer H. L. Geografia classica 26
 Trabalza C. Inseg. dell'italiano 31
 Trambusti A. Igiene del lavoro 29
 Treadwell F. P. Tab. anal. qual. 5
 Trespogli G. Usi mercantili 51
 — Scienze giuridiche 46
 Trevisani G. Pollicoltura 42
 Tribolati F. Araldica (Gramm.) 6
 Tricomi E. Medicat. antisettica 37
 Tringali S. Enciclopedia legale 20
 Trivere C. Classific. di scienze 13
 — Dizionario di comuni 19
 — Località abitate n. col. ital. 14
 Trombetta E. Medic. legale mil. 37
 — Medicina d'urgenza 37
 Tropea C. Coltivaz. del cotone 17
 Tuccari F. Fotominiatura 25
 Ulivi P. Industria frigorifera 30
 Untersteiner A. Storia musica 48
 — Violino e violinisti 52
 Untersteiner L. Uccelli canori 51
 Vacchelli G. Calcestruzzo 10
 Valenti A. Aromatici e nervini 7
 Valentini C. Sistemaz. torrenti 46
 Valentini N. Chimica legale 12
 Valletti F. Ginnastica femmin. 27
 — Ginnastica (Storia della) 27
 Valmaggi R. Grammatica latina 28
 Valtorta M. Tubercolosi 51
 Vambianchi C. Autograf. 8
 Vandoni C. Anfib. d'Italia 5
 — Rettilli d'Italia 44

Vanghetti G. Membra artificiali 37
 Vecchio A. Cane (II) 10
 Veglio A. Livellazione 34
 Vender V. Acido solforico ecc. 3
 Venturoli G. Concia pelli 15
 Venturoli G. Conserve aliment. 15
 Verma E. Industria dello smalto 46
 Viappiani A. Idraulica fluviale 29
 Vidari E. Diritto commerciale 18
 — Mandato commerciale 35
 Vidari G. Etica 23
 — Pedagogia 41
 Vidoni G. Assistenza ammalati 7
 Villani F. Distillaz. del legne 19
 — Soda caustica 47
 Vinassa P. Paleontologia 41
 — Mineral. generale 38
 — Mineral. descrittiva 38
 Viola C. Cristallografia 17
 Virgili F. Cooperazione 16
 — Economia matematica 21
 — Statistica 47
 Vita E. Legislazione agraria 32
 Viterbo E. Grammatica Galla 28
 Vitta C. Giustizia amministr. 28
 Vivanti G. Funzioni analitiche 26
 — Funzioni poliedriche 26
 — Comp. matematica 36
 — Equazioni integrali 22
 Vivarelli G. Prontuario legial. 43
 — Il capomastro 11
 Viviani C. Uovo di gallina 51
 Vocab. Hoepli d. lingua ital. 52
 Vocabolario tecnico illustrato 52
 Voigt W. Fisica cristallografica 24
 Voinovich. Grammatica russa 28
 Volpini C. Cavallo 11
 — Arte di guidare i cavalli 11
 — Proverbi sul cavallo 11
 — Il maniscalco 35
 Webber E. Macchine a vapore 34
 — Dizionario tecnico 20
 Werth F. Galvanizzazione 26
 — Galvanoplastica 26
 Wessely J. Diz. inglese-italiano 20
 Will. Tav. analit. (v. Chimico) 12
 Wittgens. Antichità romane 6
 Wolf B. Malattie crittogam. 35
 Zambelli A. Volapük 53
 Zambler A. Medicat. antisettic. 37
 Zampini G. Bibbia (Man. della) 9
 — Imitazione di Cristo 30
 — Il vangelo 51
 — San Giovanni — San Paolo 45
 Zanghieri. Fotografia turistica 25
 Zeni E. Idraulica 29
 Ziganv-Apard. Lett. ungherese 33
 Zoppetti V. Siderurgia 46
 Zubiani A. Tisici e sanatori 56
 Zucca A. Acrobatica e atletica 3

Pellizzaro E. T.
 Pellerano L.
 Pellizza A. C.
 Penzig O. Fic.
 Perassi T. G.
 Percossi R. C.
 Perdomini O.
 Perdoni T. Id.
 Pesce P. A. M.
 — Malattie d.
 Pesce P. A. M.
 — Malattie d.
 Pestalozza U.
 Peterlongo G.
 Petri L. Com.
 Petzholdt. B.
 Piazzoli E. I.
 — Sovraten.
 Piccinelli F.
 Piccinini P.
 Pieraccini A.
 Pilo M. Este.
 — Psicologia
 Pincherle S.
 — Algebra (C.
 — Geometria
 — Geom. me.
 — Geometria
 Pinchetti P.
 — Composit.
 Pini P. Epil.
 Pinza G. Pa.
 Piombo A. F.
 Pisani A. M.
 — Chitarra
 Pizzamiglio
 Pizzi L. Le.
 — Islamiam.
 — Letterat.
 Pizzini L. I.
 — Microbio.
 Plassio E.
 Plebani B.
 Polacco L.
 Polcari E.
 — Verbi ita.
 Ponci P. T.
 Porro F. S.
 — Gravitaz.
 Porro-Lam.
 Portal E.
 — Antologi.
 — Gramma.
 Portigliotti
 Pozzi G. R.
 Prat G. G.
 — Esercizi
 — Lecture
 Prato G. C.